



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho



**EXPOSIÇÃO AO RUÍDO OCUPACIONAL –
INDÚSTRIA METALOMECÂNICA**

Sandra Cristina Monteiro Louro Hilário

Beja,

2016

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho

EXPOSIÇÃO AO RUÍDO OCUPACIONAL –
INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

Dissertação de mestrado apresentada na
Escola superior de Educação do Instituto Politécnico de Beja

Elaborado por:
Sandra Cristina Monteiro Louro Hilário

Orientado por:
Professor Doutor Rui Martins Isidoro

Beja,
2016

“A riqueza de uma empresa depende da saúde dos trabalhadores.”

Maria Neira

AGRADECIMENTOS

Os meus primeiros agradecimentos vão para o meu orientador, Professor Doutor Rui Martins Isidoro pela disponibilidade e orientação.

Também quero agradecer à empresa de metalomecânica alvo de estudo pela forma como disponibilizaram as instalações onde foram realizadas as medições dos níveis de ruído, bem como aos trabalhadores da oficina pela sua colaboração.

Aos meus amigos, pela compreensão, companheirismo e amizade.

Aos meus primos, pelo apoio e ajuda.

Ao Carlos pela ajuda, amizade, compreensão e paciência demonstrada.

Aos meus pais e irmão, por serem o meu porto de abrigo, por todo amor, compreensão, ajuda e apoio incondicional ao longo da minha vida e do meu percurso académico.

À minha mãe, por estar sempre comigo, pela amizade, pelo apoio, pela paciência, pelos conselhos e pelo auxílio em todos momentos difíceis. Para ela faltam as palavras para agradecer tudo o que tem feito e faz por mim todos os dias.

RESUMO

O ruído é um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, devido ao aumento de indústrias, estabelecimentos comerciais, atividades de lazer, do tráfego e obras de construção civil.

A perda de audição devido ao excesso de ruído é a doença ocupacional com maior incidência na União Europeia. O ruído excessivo danifica as células capilares da cóclea, parte integrante do ouvido interno, originando perdas auditivas e alterações no sistema cardiovascular, que podem levar à libertação de catecolaminas e ao aumento da pressão arterial, causando estados de stresse e ansiedade.

No âmbito do Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho, desenvolveu-se esta dissertação sobre o tema: Exposição ao Ruído Ocupacional – Indústria Metalomecânica. A escolha deste tema prende-se com o facto da minha atividade profissional ter estado ligada à Indústria metalomecânica e por considerar que os níveis de exposição diária ao ruído nesta indústria constituem um grave risco para a saúde dos trabalhadores.

Foi realizado um estudo com o objetivo de analisar e avaliar os níveis de ruído a que os trabalhadores desta indústria estão expostos diariamente, com o intuito de propor medidas de correção face à exposição ao ruído e promoção da saúde e segurança no trabalho. Neste estudo, foram efetuadas 68 medições em 2 zonas distintas da oficina durante a jornada de trabalho, utilizando um sonómetro.

Tendo por base a legislação em vigor, verificou-se que nesta oficina mais de 70 % dos valores calculados do nível de exposição diário $L_{Ex,8h}$ encontram-se acima do valor limite e dos valores de ação definidos por lei, pelo que se propõe a implementação de um conjunto de medidas de forma a reduzir estes níveis.

Palavras-chave: *Indústria metalomecânica, exposição ao ruído ocupacional, risco de perda auditiva.*

ABSTRACT

Due to the constantly growing number of industries, commercial areas, leisure activities, traffic and construction sites, the noise is considered one of the world's main environmental problems.

The loss of hearing, due to excessive noise, is the occupational disease with the highest incidence in the European Union. This excessive noise damages capillary cells from the cochlea, located in the internal ear, causing hearing loss and possible changes on the cardiovascular system, which may lead to release catecholamine and to increase blood pressure, resulting in anxiety and stress.

On this Master Degree in Work Safety and Hygiene program it is developed a research entitled: “Exposição ao Ruído Ocupacional – Indústria Metalomecânica”. This topic was mainly chosen because it is directly related to my professional activity on metalworking industry, as well as to consider that this industry's daily noise exposition levels are a serious risk for workers' health.

The main objective of this research is to analyze and evaluate the noise levels that metalworking professionals are daily exposed and, propose correction measures in order to better promote their safety and health during work activities. On this research there were made 68 measurements during labor time, with help of a sound level meter, in two different zones of the workshop.

Based on today's legislations, it was possible to verify that more than 70% of calculated values for the level daily exposition ($L_{Ex,8h}$) are above the limit value and the action values defined by law. Therefore, it is proposed the implementation of a group of measures in order to reduce these noise levels.

Keywords: Metalworking industry, occupational noise exposition, hearing loss risk

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II: O RUÍDO	7
2.1 ACÚSTICA: CONCEITOS GERAIS	7
2.1.1 O som: conceitos e características	7
2.1.2 Espectro Sonoro	10
2.1.3 Pressão Sonora	11
2.1.4 Potência Sonora	16
2.1.5 Intensidade Sonora	17
2.1.6 Ruído	22
2.1.7 Anatomia e Fisiologia da Audição Humana	23
2.1.8 Audibilidade	26
2.1.9 Bandas de oitava e tons	29
2.1.10 Curvas de ponderação	31
2.1.11 Tipos de ruído	32
2.1.12 Comportamento do ruído	35
2.1.13 Medição do ruído	39
CAPÍTULO III: EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM	43
3.1 EFEITOS DO RUÍDO	43
3.1.1 Efeitos fisiológicos auditivos	44
3.1.2 Efeitos fisiológicos	51
3.1.3 Efeitos Psicológicos	52
3.1.4 Outros efeitos	54
3.1.5 Estudos realizados	57
CAPÍTULO IV: SEGURANÇA E SAÚDE: RUÍDO	65
4.1 ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO	65
4.1.1 Evolução Legislativa	66
4.1.2 Legislação em vigor	67
4.2 MEDIDAS DE REDUÇÃO DO RUÍDO	75
4.2.1 Medidas de Proteção Coletiva	76
4.2.2 Medidas de Proteção Individual	82
CAPÍTULO V: MATERIAIS E MÉTODOS	87

5.1 MATERIAIS.....	88
5.1.1 Identificação da empresa	88
5.1.2 Caracterização das atividades realizadas	90
5.2 MÉTODOS.....	93
5.2.1 Objetivos do estudo.....	93
5.2.3 Metodologia.....	94
5.2.4 Equipamento utilizado.....	95
5.2.5 Método de Análise das amostras recolhidas	96
CAPÍTULO VI: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	105
6.1 ANÁLISE DAS AMOSTRAS RECOLHIDAS	105
CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO	111
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
ANEXOS	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Representação da onda sonora [1].	8
Figura 2 – Representação esquemática de uma onda sonora [2].	9
Figura 3 – Espectro sonoro [3].	10
Figura 4 - Propagação de uma onda sonora [4].	11
Figura 5 – Pressão sonora e nível de pressão sonora [5].	13
Figura 6 – Ábaco utilizado para a soma de níveis sonoros [6].	15
Figura 7 – Radiação do som [7].	19
Figura 8 – Fonte linear ou cilíndrica [8].	20
Figura 9 – Esquema em corte do Aparelho Auditivo Humano [9].	23
Figura 10 – Representação gráfica das linhas isofónicas ou curvas de Fletcher-Munson [10].	28
Figura 11 – Curvas isofónicas e grau de incomodidade [Fonte: Mateus, 2008].	29
Figura 12 – Espetro em bandas de oitava [Fonte: Nunes, 2006].	30
Figura 13 – Filtros de ponderação para medição do ruído [11].	31
Figura 14 – Onda característica de um ruído estacionário ou uniforme [Fonte: Mateus, 2008].	33
Figura 15 – Onda característica de um ruído flutuante [Fonte: Mateus, 2008].	33
Figura 16 – Onda característica de um ruído intermitente [Fonte: Mateus, 2008].	34
Figura 17 – Onda característica de um ruído impulsivo [Fonte: Mateus, 2008].	34
Figura 18 – Reflexão, absorção e transmissão do som ao encontrar uma parede [12].	35
Figura 19 – Reflexão do ruído numa superfície plana [Fonte: Lehmann, 1961].	37
Figura 20 – Reflexão do ruído numa superfície côncava [Fonte: Adaptado de Lehmann, 1961].	38
Figura 21 - Reflexão do ruído numa superfície convexa [Fonte: Adaptado de Lehmann, 1961].	38
Figura 22 – a) Sonómetro integrador [13]; b) dosímetro de ruído [13].	41
Figura 23 – Mapa de ruído da cidade de Évora (L_{den} - níveis de ruído diurno) [14].	42
Figura 24 – Mapa de ruído da cidade de Évora (L_n - níveis de ruído noturno) [14].	42
Figura 25 – Mecanismos de afetação do auditor por um dado estímulo [Adaptado de Silva, 1980].	43
Figura 26 – Audiograma do caraterístico do primeiro período do traumatismo sonoro [15].	47
Figura 27 – Audiograma caraterístico do segundo período do traumatismo sonoro [15].	48
Figura 28 – Audiograma caraterístico do terceiro estágio do traumatismo sonoro [15].	48
Figura 29 – Audiograma caraterístico do quarto período do traumatismo sonoro [15].	49
Figura 30 – Trabalhadores expostos ao ruído na Europa dos 15 (OSHA – Europa 2005).	61
Figura 31 – Trabalho envolvendo riscos físicos nos novos estados membros da UE (OSHA – Europa 2005).	62
Figura 32 – Trabalhadores expostos ao ruído por categoria profissional (OSHA – Europa 2005).	62
Figura 33 – Requisitos para a implementação dos sistemas de gestão de SHO [16].	75
Figura 34 - Teto de superfície refletora difusa [Macedo, 1988].	77
Figura 35 - Utilização de baffles suspensos na cobertura [17].	78
Figura 36 – Encapsulamento da fonte de ruído [Fonte: Miguel, 2012].	80
Figura 37 – a) Exemplos de tampões auriculares [18]; b) Gráfico de atenuação por frequência proporcionada pelos tampões auriculares [Nunes, 2006].	83

Figura 38 – a) Exemplo de abafador [18]; b) Gráfico de atenuação por frequência proporcionada pelos abafadores [Fonte: Nunes, 2006].	83
Figura 39 – Instalações da empresa de estudo.	88
Figura 40 – Fotos da oficina de metalomecânica alvo de estudo.	89
Figura 41 – a) Corte de chapa de aço com oxicorte com recurso ao pantógrafo; b) Corte manual de chapa de aço com oxicorte.	90
Figura 42 – a) Furação de chapa no engenho de furar; b) Prensa hidráulica.	91
Figura 43 – a) Enformar chapa de aço numa calandra; b) Torno mecânico.	91
Figura 44 – a) Corte de perfil metálico no serrote de cortar; b) Fresadora mecânica.	91
Figura 45 – Movimentação de cargas com recurso à ponte rolante.	92
Figura 46 – Trabalhos de montagem do rebocador.	93
Figura 47 – a) Sonómetro utilizado / b) Medição de ruído na zona I da oficina.	96
Figura 48 – Gráfico dado pelo sonómetro (eixo x – Tempo; eixo y – Pressão Sonora).	97
Figura 49 – Análise espectral por bandas de oitava do gráfico 48.	97
Figura 50 – Tampões Earsoft [18].	100
Figura 51 – Tampões reutilizáveis Tracer 20 [18].	101
Figura 52 – Tampões reutilizáveis Ultrafit 20 [18].	101
Figura 53 – Auricular de cabeça dobrável [18].	102
Figura 54 – Auricular de cabeça Peltor X3 [18].	102
Figura 55 – Nível de exposição diário ($L_{EX,8h}$) – Zona I	105
Figura 56 – Nível de exposição diário ($L_{EX,8h}$) – Zona II.	106
Figura 57 – Nível de Pressão Sonora de Pico (L_{Cpico}) – Zona I.	106
Figura 58 – Nível de Pressão Sonora de Pico (L_{Cpico}) – Zona II.	107
Figura 59 – Níveis de exposição diário $L_{EX,8h}$ – Zona I.	107
Figura 60 – Níveis de exposição diário $L_{EX,8h}$ – Zona II.	108
Figura 61 – $L_{EX,8h,effect}$ com a utilização de protetores auditivos – Zona I.	109
Figura 62 – $L_{EX,8h,effect}$ com a utilização de protetores auditivos – Zona II.	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Soma de dois níveis de pressão sonora (soma de dB's).	15
Tabela 2 – Ponderações dos filtros A e C para cada oitava.	32
Tabela 3 - Coeficientes de absorção sonora α de alguns materiais [Fonte: Carvalho, 2012].	36
Tabela 4 - Perda de audição com o tempo de exposição (segundo a norma portuguesa NP 1733).	46
Tabela 5 - Níveis de pressão sonora críticos detetados por equipamento [Departamento de trabalho, Saúde & Segurança, Estado de Queensland – Austrália (DEIR, 2010)].	50
Tabela 6 – Níveis máximos de ruído recomendados pela OMS.	56
Tabela 7 – Valores de Exposição ao Ruído definidos no Decreto-Lei 182/2016.	70
Tabela 8 – Valores limite de exposição de ação superior e inferior definidos por lei.	98
Tabela 9 – Valores M_f e S_f dos tampões Earsoft [17].	101
Tabela 10 – Valores M_f e S_f dos tampões reutilizáveis Tracer 20 [17].	101
Tabela 11 - Valores M_f e S_f dos tampões reutilizáveis Ultrafit 20 [17].	102
Tabela 12 - Valores M_f e S_f do auricular de cabeça dobrável [17].	102
Tabela 13 - Valores M_f e S_f do auricular de cabeça Peltor X3 [17].	103

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

OMS - Organização Mundial de Saúde

RMS - Root Mean Square (raiz quadrada)

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health

ISO - International Organization for Standardization

IEC - International Electrotechnical Commission

NP – Norma Portuguesa

OSHA - Occupational Safety and Health Administration

CEI – Comitato Elettrotecnico Italiano

PAIR - perda auditiva induzida pelo ruído

PTS - Permanent Thershold Shift (Mudança permanente no limiar auditivo)

WHO - World Health Organization

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

MER - mapas estratégicos de ruído

DGS - Direção Geral de Saúde

PNSOC - Programa Nacional de Saúde Ocupacional

AMA - American Medical Association

EU - União Europeia

SHO – Segurança e Higiene Ocupacionais

PCA - Programa de Conservação Auditiva

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

ANR – Active noise reduction

EASHW – European Agency for Safety and Health at Work

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O meio ambiente é o local onde se processa a integração harmoniosa entre o homem e a natureza, é onde se vive e trabalha.

O crescimento acelerado da tecnologia, que atinge quase todos os setores da atividade humana, é sem dúvida uma mais-valia socioeconómica, porém tem efeitos nocivos à qualidade de vida, à segurança individual e coletiva, bem como ao emergir de doenças e desconforto que influenciam não só ambientes de lazer e de família, mas também as atividades e os locais de trabalho.

A poluição sonora ambiental é um problema que começou com a revolução industrial, uma das consequências do mundo moderno, podemos afirmar que nos nossos dias quase não há locais livres de excesso de ruído.

O ruído é um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, devido ao aumento de indústrias, estabelecimentos comerciais, de atividades de lazer, do tráfego e de obras de construção civil.

As máquinas vêm dar respostas mais rápidas, sendo um importante contributo para o aumento da produtividade, no entanto, são também fonte importante de ruído, fator que poderá contribuir como um aspeto negativo decorrente da evolução tecnológica. Assim, um dos riscos recorrentes nos locais de trabalho é a exposição ao ruído, definido por “um som indesejado”, cuja intensidade é medida em decibéis (dB).

A perda de audição devido ao excesso de ruído é a doença ocupacional com maior incidência em toda a União Europeia.

Segundo a Agência Europeia para a Higiene e Segurança do Trabalho, um em cada cinco trabalhadores europeus têm que levantar a voz, pelo menos metade das vezes que querem falar, quando estão no local de trabalho e sete por cento sofrem de problemas de perda auditiva derivada das suas ocupações profissionais (citado em Alves 2012).

O ruído excessivo danifica as células capilares da cóclea, parte integrante do ouvido interno, provocando perda de audição.

A surdez profissional é a patologia que surge com a indústria moderna, constando, segundo Portmann M. e Portman Cl. (1988), na tabela das doenças profissionais desde 1963. O ruído gerado nos locais de trabalho, predominantemente nas grandes indústrias, é um dos agentes físicos que causa mais incomodidade. A exposição a este fator é responsável por conflitos entre pessoas e pode ter efeitos nocivos a vários níveis, não só em termos fisiológicos, podendo levar à incapacidade ou disfunção auditiva (zumbidos e alterações vestibulares), mas também em termos psicológicos, causando situações de stresse e ansiedade.

Em Portugal o número de trabalhadores afetados com surdez profissional é bastante elevado, embora nem sempre seja fácil de diagnosticar. A dificuldade no diagnóstico prende-se com a falta de elementos, capazes de comprovar a exposição do trabalhador a níveis de pressão sonora elevados durante o período laboral, e que a surdez não é consequência de outros tipos de ruído fora do trabalho.

As indústrias extrativas e transformadoras são as mais passíveis de causar distúrbios auditivos nos trabalhadores, uma vez que o seu processo produtivo envolve um conjunto de equipamentos e máquinas bastante ruidosas, tais como: martelos pneumáticos, engenhos de serragem, máquinas de corte, equipamentos de transporte de cargas, etc.. Atualmente, o aparecimento de tecnologias mais sofisticadas e eficientes tem vindo a melhorar os níveis de emissão de ruído e a tendência será para que estes continuem a baixar. Contudo ainda se verifica a utilização de equipamentos bastante ruidosos para os quais não existem soluções acústicas viáveis.

Marques e Costa (2006) consideram que a investigação e análise da exposição ao ruído ocupacional, bem como as consequências que daí advêm, são uma constante preocupação para a saúde pública. Segundo Ogido, Costa e Machado (2009) a perda auditiva decorrente da exposição continuada a elevados níveis de pressão sonora é passível de prevenção, através da

implementação de medidas eficazes que visem a segurança e saúde dos trabalhadores expostos

Os efeitos do ruído sobre o organismo humano podem ser classificados de duas maneiras, o primeiro tem ação direta no sistema auditivo e designa-se por efeito auditivo, o segundo, o efeito extra-auditivo, resulta numa ação geral sobre várias funções orgânicas (Costa 2011).

Está provado que a exposição ao ruído tem efeitos, não só no sistema auditivo, mas também no sistema cardiovascular, o que provoca a libertação de catecolaminas, o aumento da pressão arterial e consequente aumento dos níveis de stress.

Segundo, Padovani, Nova, Queirós & Silva 2004, citados em Costa 2011, o ruído é considerado como o agente físico mais nocivo à saúde no ambiente de trabalho, sendo caracterizado como fator de maior prevalência de doenças ocupacionais.

O ruído pode afetar os profissionais a nível físico, psicológico e mental, comprometendo a sua qualidade de vida, esta última definida como “perceção do indivíduo sobre a sua posição na vida, no contexto da cultura e dos sistemas de valores nos quais ele vive, e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações” (OMS, 1998).

No âmbito do Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho, desenvolveu-se esta dissertação sob o tema: Exposição ao Ruído Ocupacional – Indústria Metalomecânica.

As motivações que levaram à escolha deste tema prendem-se com o facto da minha atividade profissional ter estado ligada à Indústria metalomecânica por considerar que os níveis de exposição diária ao ruído nesta indústria constituem um grave risco para a saúde dos trabalhadores.

Além disso, pode-se verificar que nesta unidade fabril não havia grande preocupação nem sensibilização dos trabalhadores para o uso de medidas de proteção. Ora, sendo esta dissertação subordinada ao Mestrado de Segurança e Saúde no Trabalho, é fulcral direcioná-la para o trabalhador, alvo premente de riscos no seu local de trabalho. Uma vez que a exposição prolongada a elevados níveis de ruído podem provocar malefícios na saúde e segurança dos profissionais, é importante o conhecimento e a caracterização do seu impacto, de modo a alterar comportamentos de risco.

Neste sentido foi realizado um estudo, durante o mês de março de 2016, dos níveis de ruído a que os trabalhadores desta indústria metalomecânica estão expostos durante a sua jornada de trabalho. Para o efeito efetuaram-se várias leituras, em diferentes horários, dos níveis de ruído produzidos durante o processo produtivo, através da utilização de um sonómetro colocado em várias zonas estratégicas da oficina.

A recolha e análise destes níveis permitirá verificar se a legislação em vigor relativa ao ruído é cumprida nesta metalomecânica, e em caso negativo quais serão as medidas coletivas e individuais a adotar capazes de controlar esta problemática.

Tendo com objetivos principais:

- Analisar/ Avaliar os níveis de exposição ao ruído existentes nas instalações da empresa em questão, comparando-os com a legislação em vigor;
- Melhorar o ambiente de trabalho na empresa propondo a adoção de medidas de proteção, com vista à promoção da saúde e segurança no trabalho dos trabalhadores face à exposição ao ruído.

Este estudo constituirá assim uma pequena amostra da indústria metalomecânica em Portugal, permitindo verificar se os níveis e as normas estabelecidas em matéria de ruído são cumpridas. Além disso, pretende alertar as entidades competentes para os elevados níveis de ruído existentes neste tipo de indústrias, visando a realização de uma fiscalização mais apertada e rigorosa, bem como a adoção de medidas eficazes de segurança e saúde dos trabalhadores.

O presente trabalho encontra-se esquematizado em cinco capítulos:

Capítulo I: Introdução - Introdução ao tema, motivo da escolha e objetivos.

Capítulo II: Ruído - Definição do conceito de ruído e as suas características gerais.

Capítulo III: Efeitos do ruído no homem – reconhecimento do ruído como um risco para a saúde humana e as suas consequências; apresentação de estudos sobre a variável ruído em vários setores de atividade ao longo dos anos.

Capítulo IV: Segurança e Saúde - Ruído - Enquadramento legal e normativo em matéria de ruído e medidas de proteção coletiva e individual.

Capítulo V: Materiais e Métodos - Identificação e caracterização do local de estudo, descrição do estudo, identificação dos objetivos, material e métodos utilizados,

Capítulo VI: Apresentação e Discussão dos Resultados - apresentação e análise de resultados.

Capítulo VII: Conclusão - Conclusões finais e sugestões.

CAPÍTULO II

O RUÍDO

2.1 ACÚSTICA: CONCEITOS GERAIS

2.1.1 O som: conceitos e características

Segundo R. Martins da Silva (1980) pode definir-se som como uma vibração mecânica suscetível de dar origem a uma sensação auditiva.

O som trata-se essencialmente de uma onda mecânica produzida quando uma fonte sonora põe em oscilação as partículas de ar mais próximas. Esta oscilação gera uma perturbação no meio a partir da condição de equilíbrio inicial, transmitindo-se de forma gradual às partículas cada vez mais afastadas.

As ondas sonoras têm natureza elástica, pelo que necessitam de um meio físico, sólido, líquido ou gasoso, para se propagar, sendo assim inviável a sua propagação no vácuo. Quando uma fonte sonora produz vibrações, estas serão transmitidas, por choque, às partículas do meio que lhe estão mais próximas, alargando-se este movimento às partículas cada vez mais afastadas da fonte. Estes movimentos de vibração das partículas traduzem-se em sucessivas zonas de compressão (maior pressão) e zonas de rarefação (menor pressão) que possibilitam a propagação das ondas sonoras através do meio. Assim, as variações de pressão no meio permitem o transporte do som, por meio de compressões e rarefações que constituirão a onda sonora, tal como é esquematizado na figura 1.

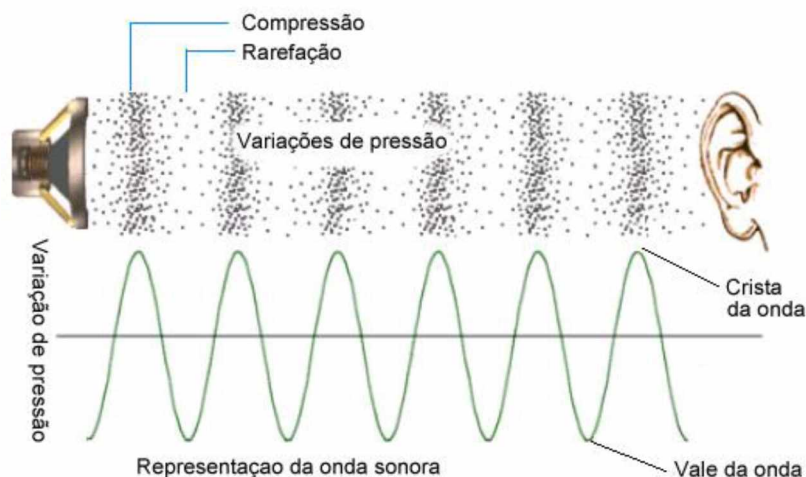


Figura 1- Representação da onda sonora [1].

Na representação da onda sonora (figura 1), as zonas de compressão são assinaladas por uma crista de onda, enquanto as zonas de rarefação por o vale dessa onda. O esquema permite facilmente concluir que as partículas do meio vibrante oscilam paralelamente na direção de propagação do sinal, chamando-se assim de ondas longitudinais. A figura 1 representa uma onda sonora simples (onda sonora provocada por um diapasão).

A propagação e percepção das ondas sonoras produzidas por uma fonte depende de vários fatores, tais como: natureza da fonte sonora, distância e orientação do recetor, variações de temperatura, o tipo de local, etc. A velocidade de propagação do som está essencialmente relacionada com o meio, sendo maior nos sólidos e menor nos gases. No ar, o som propaga-se a uma velocidade, de aproximadamente 340 m/s; na água a 150 m/s e no aço a 500 m/s (citado em Soares, 2011).

Fisicamente, uma onda sonora é descrita como uma perturbação oscilante no espaço e periódica no tempo, possuindo uma série de características próprias:

- **Amplitude (y)** representa o afastamento máximo, durante a oscilação, em relação à posição de equilíbrio.
- **Comprimento de onda (λ)** corresponde à distância mínima que separa dois pontos idênticos numa onda. Na figura 2 apresentam-se dois exemplos: a distância que vai de

uma crista (ponto mais alto da onda) à outra e a distância que vai de um vale (ponto mais baixo da onda) até ao vale seguinte.

- **Período (T)** corresponde ao intervalo de tempo de uma oscilação completa, ou seja, o tempo necessário para que a onda percorra uma distância igual ao comprimento de onda. O período pode calcular-se a partir da frequência através da expressão:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

- **Velocidade de Propagação (c)** é a rapidez como que a onda se propaga no meio. Para o cálculo da velocidade de propagação pode utilizar-se a seguinte expressão:

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Sendo: **c** a velocidade de propagação (m/s); **λ** o comprimento de onda (m); **T** o período (s); **f** a frequência (Hz).

- **Frequência (f)** representa o número de oscilações completas por unidade de tempo. A frequência mede-se em hertz, correspondendo um hertz a uma oscilação completa (um ciclo) por segundo, pode ser calculada através da expressão:

$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

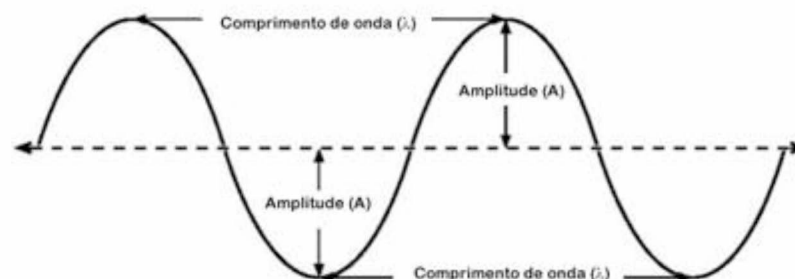


Figura 2 – Representação esquemática de uma onda sonora [2].

2.1.2 Espectro Sonoro

O som será percebido pelo cérebro humano, dentro de determinado limite, de acordo com a sua frequência de emissão e com o nível de intensidade e de pressão. Os sons audíveis, ou seja, aqueles que o ouvido humano consegue captar, compreendem uma gama de frequência entre os 20 Hz e os 20000 Hz. Todos os sons com frequência abaixo dos 20 Hz denominam-se por Infra-sons. Ao contrário dos humanos, alguns animais conseguem captar o som a estas frequências. Pode dar-se como exemplo de um infra-som, o som provocado pelos movimentos da crosta terrestre, que apenas podem ser detetados por aparelhos próprios, tais como os sismógrafos, possibilitando a previsão de um sismo ou de uma erupção vulcânica. Designam-se por ultra-sons, os sons com frequência acima dos 20000 Hz. Da mesma forma que os infra-sons, estes não são captados pelos humanos, mas podem ser ouvidos por alguns animais. Os ultra-sons são utilizados na medicina, por exemplo para a realização de ecografias, sendo também de grande utilidade na navegação naval, para a identificação de cardumes de peixes ou de outras embarcações, por meio de radares (Nunes, 2006).

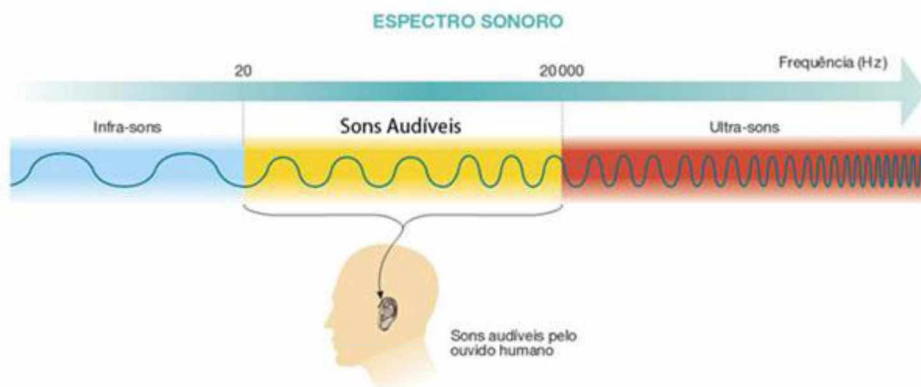


Figura 3 – Espectro sonoro [3].

A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências às quais se dá o nome de oitavas (63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Hz). Cada oitava é ainda subdividida em 3 grupos, designados por terços de oitava. A designação de cada oitava corresponde à sua frequência central, f_c , que é ao dobro da frequência central da oitava antecedente e a média geométrica das frequência-limite. Assim, na mesma

oitava, a frequência-limite superior f_L é o dobro da frequência limite inferior f_I (Nunes, 2006).

A baixas frequências (inferiores a 1000 Hz) as partículas do ar vibram lentamente provocando sons graves. Por outro lado, a frequências elevadas (superiores a 3000 Hz) as partículas vibram rapidamente originando sons agudos.

A audição humana não funciona de forma linear, pelo que o ser humano não consegue distinguir pequenas diferenças de frequência, sendo esta distinção condicionada pela frequência específica a que o som é emitido. Assim, para gamas de frequência na ordem dos 125 Hz o ouvido humano consegue distinguir variações de 0,5 Hz, enquanto que para frequências perto dos 8000 Hz essa distinção só se torna perceptível para variações mínimas de 60 Hz.

2.1.3 Pressão Sonora

A diferença entre o nível de pressão atmosférica (não perturbada) e os valores máximos ou mínimos que as oscilações de pressão atingem, define a amplitude da pressão sonora, que se mede em Newton por metro quadrado (N/m^2) ou Pascal (Pa). Em que $1 \text{ Pa} = 1 N/m^2$. Este fenómeno é ilustrado na figura 4 para uma onda de pressão sonora com amplitude unitária. (Nunes, 2006).

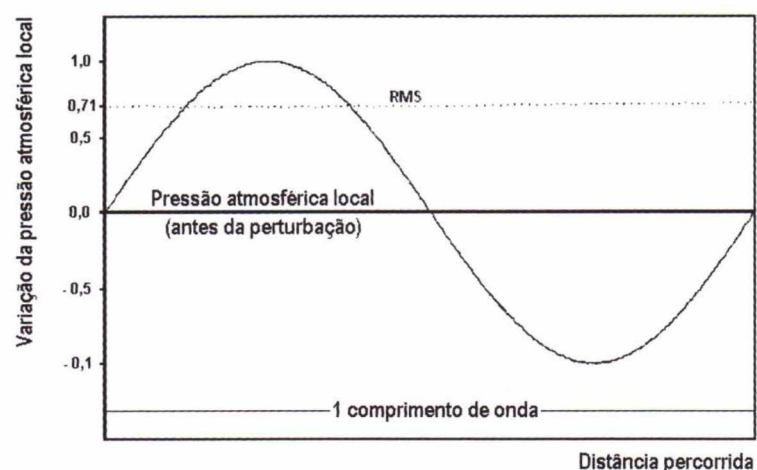


Figura 4 - Propagação de uma onda sonora [4].

A amplitude ou a frequência das ondas sonoras não influencia a sua velocidade de propagação. Contudo, a velocidade da onda depende da temperatura do ar na proporção da sua raiz quadrada. Sabendo que a propagação das ondas sonoras no ar é de 344 m/s, a amplitude da onda, correspondente ao espaço ocupado num dado instante por uma oscilação completa, pode ser calculada através da expressão:

$$\lambda = 344 T = \frac{344}{f} \quad (4)$$

A propagação das ondas sonoras através de obstáculos depende do seu comprimento de onda, uma vez que, se a dimensão dos obstáculos for muito inferior ao comprimento de onda, verifica-se o fenómeno de difração.

A medida da pressão sonora numa escala linear é impraticável, visto que compreende cerca de 1 milhão de unidades. O ouvido suporta uma enorme gama de audibilidade em pressão sonora, a prova disso é que o limiar de audição a 1000 Hz é provocado por uma pressão de 0,00002 Pa, sendo que o limiar da dor ocorre a uma pressão de 100 Pa. Não obstante, o ouvido humano não é linearmente sensível à pressão sonora graduada em Pascal, não respondendo linearmente aos estímulos, mas sim logaritmicamente. Por estas razões, utiliza-se uma escala logarítmica, expressa em decibéis (dB), para avaliar os parâmetros acústicos. O decibel é, por definição, o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência patronizado e corresponde, praticamente, à mais pequena variação de pressão sonora que o ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição (Miguel, 2012).

De acordo com a norma portuguesa NP 1730:1996, o nível de pressão sonora, L_p , em decibéis, é dado pela expressão:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (5)$$

Em que:

p - valor eficaz ou RMS (Root Mean Square), ou seja, a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores instantâneos da pressão sonora, em Pascal (Pa);

p_0 – valor eficaz da pressão sonora de referência (2×10^{-5} Pa).

Na Figura 5 pode observar-se a equivalência de valores de pressões sonoras em Pascal e os correspondentes níveis de pressão sonora em decibéis. Pela leitura da imagem, pode concluir-se que a escala em dB é de leitura mais fácil e está compreendida entre 0 dB (limiar de audição) e os 130 dB (limiar da dor).

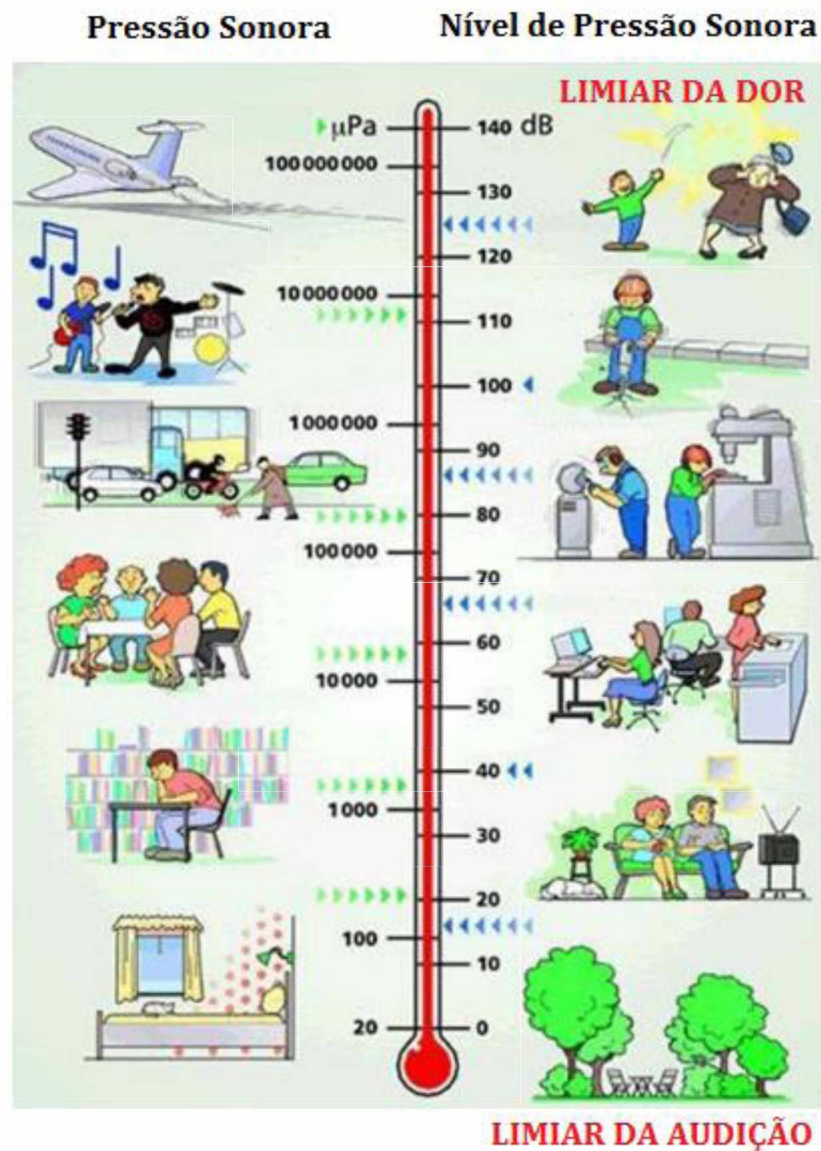


Figura 5 – Pressão sonora e nível de pressão sonora [5].

Através do nível de pressão sonora L_p (em dB) é possível calcular a pressão sonora – P (em Pa), através da expressão:

$$P = P_0 10^{\frac{L_p}{20}} \quad (6)$$

De acordo com o exposto, a variação de 1 dB corresponde à menor diferença que o ouvido pode diferenciar e a variação (redução/aumento) de 6 dB corresponde, aproximadamente, à redução para metade/ aumento para o dobro da pressão sonora (Nunes, 2006).

Quando num determinado local existem várias fontes sonoras distintas é importante saber qual o nível sonoro resultante do seu funcionamento em simultâneo. O nível de pressão sonora global num determinado ponto, resultante da soma de N fontes sonoras com valores de pressão P_1, P_2, \dots, P_N , pode calcular-se através da seguinte expressão:

$$L_p = 20 \log \frac{\sqrt{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_N^2}}{P_0} = 20 \log \left(\sqrt{10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pN}}{10}}} \right) \quad (7)$$

Na figura 6 apresentam-se os valores, em dB, resultantes da soma de dois níveis de pressão sonora existentes num determinado ponto, calculados através da expressão enunciada anteriormente.

Através da leitura dos valores apresentados na tabela 1 conclui-se que existe um acréscimo de 0,4 dB ao valor do nível mais elevado quando se somam dois níveis de pressão sonora cuja diferença é de 10 dB, por outro lado, se a diferença entre os dois níveis de pressão sonora a somar for de, pelo menos, 20 dB, a pressão resultante é igual ao nível de pressão sonora mais elevado. Percebe-se ainda que o nível sonoro global provocado pelo funcionamento conjunto de duas fontes com igual nível sonoro, será igual ao provocado por uma delas acrescido de 3 dB.

	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	4,0	4,5	5,1	5,8	6,5	10,5	20,1	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
2	4,5	5,0	5,5	6,1	6,8	10,6	20,1	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
3	5,1	5,5	6,0	6,5	7,1	10,8	20,1	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
4	5,8	6,1	6,5	7,0	7,5	11,0	20,1	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
5	6,5	6,8	7,1	7,5	8,0	11,2	20,1	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
10	10,5	10,6	10,8	11,0	11,2	13,0	20,4	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
20	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,4	23,0	30,4	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
30	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,4	33,0	40,4	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
40	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,4	43,0	50,4	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
50	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,4	53,0	60,4	70,0	80,0	90,0	100,0
60	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,4	63,0	70,4	80,0	90,0	100,0
70	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,4	73,0	80,4	90,0	100,0
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,4	83,0	90,4	100,0
90	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,4	93,0	100,4
100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,4	103,0

Tabela 1 - Soma de dois níveis de pressão sonora (soma de dB's).

O nível pressão global, resultante da soma de várias fontes sonoras, também pode ser calculado através da utilização de ábacos. Sabendo a diferença de pressão sonora entre os dois sinais (ΔL), é possível através da utilização do ábaco determinar o acréscimo de pressão (L_+) a adicionar ao nível de pressão mais elevado para obter o nível global (L_T), tal como é descrito na figura 6 (Cabral, 2012).

Soma de Níveis Sonoros

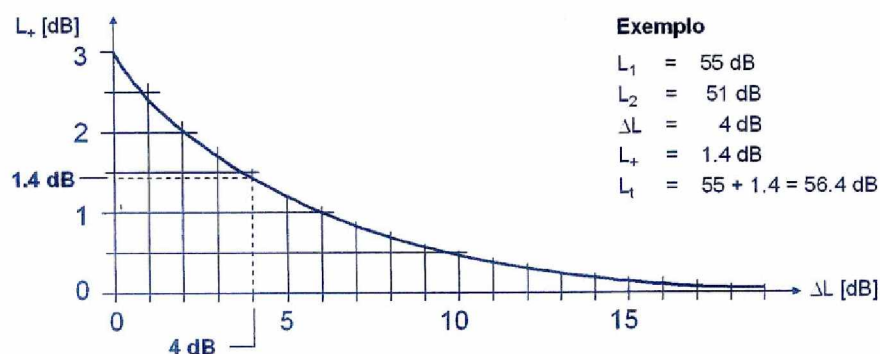


Figura 6 – Ábaco utilizado para a soma de níveis sonoros [6].

Apesar das inúmeras vantagens da utilização da escala logarítmica na caracterização da amplitude do som, é notória a dificuldade que esta escala acarreta na adição dos níveis sonoros provocado por várias fontes.

2.1.4 Potência Sonora

A potência sonora representa a energia acústica total emitida pela fonte sonora por unidade de tempo, sendo uma propriedade bastante relevante para a definição de qualquer fonte. Esta grandeza é medida em Watts (W) e depende apenas da fonte emissora, sendo completamente independente do meio. Assim, a potência sonora de uma fonte mantém-se igual, em qualquer ambiente, contrariamente à pressão acústica, que sofre alterações pela introdução de absorção e reflexão das ondas sonoras.

Tal como para o nível de pressão sonora, também é utilizada uma escala logarítmica para medir o nível de potência sonora, utilizando-se um valor W_0 que representa uma potência de referência. Assim, o nível de potência sonora é expresso pela seguinte fórmula:

$$L_W = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0} \quad (8)$$

Em que, L_W é o nível de potência sonora em decibel (dB); W é a potência sonora em Watts (W) e $W_0=10^{-12}$ W é a potência sonora de referência ($L_W= 0$ dB).

2.1.5 Intensidade Sonora

A intensidade e a potência sonora são conceitos que se relacionam entre si, visto que ambos denotam para a quantidade de energia acústica radiada. Contudo, a potência sonora emitida é uma característica intrínseca da fonte sonora e independente do meio, contrariamente à intensidade sonora que é afetada pelas condições da envolvente.

À potência sonora emitida por uma fonte corresponderá uma intensidade sonora (I), que mais não é do que a densidade do fluxo de energia acústica emitida por unidade de tempo, num determinado ponto ou, por outras palavras, a potência sonora por unidade de área, medida em watts/m². A intensidade sonora está relacionada com o produto da pressão sonora pela velocidade de propagação (Nunes, 2006).

Assim, a intensidade do som permite caracterizar se um som é forte ou fraco num determinado ponto, dependendo da energia que a onda sonora transporta, resultante da potência sonora emitida pela fonte.

A intensidade sonora (I) pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$I = \frac{P}{A} \quad (9)$$

Como a potência é dada pela relação da energia por unidade de tempo: $P = \frac{E}{\Delta t}$, podemos definir a intensidade através da expressão:

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \quad (10)$$

As unidades mais utilizadas para a intensidade são J/m² e W/m².

A intensidade sonora medida num determinado ponto do espaço dependerá da impedância acústica específica (pc) do meio, ou seja, da resistência ou dificuldade que o meio envolvente opõe à passagem do som.

A intensidade sonora pode calcular-se através de uma relação quadrática, que relaciona a pressão sonora P com a impedância acústica específica (ρc), através da seguinte expressão:

$$I = \frac{P^2}{\rho c} \quad (11)$$

Sendo, ρ a densidade do meio e c a velocidade do som. Para o ar, $\rho c = 1,18 \text{ Kg/m}^2 \times 344 \text{ m/s} = 406 \text{ Kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, nas condições de temperatura e pressão normais.

Num campo livre (campo sonoro sem reflexões), uma fonte sonora pontual radiará a sua energia sonora em todas as direções, espalhando-se sobre superfícies esféricas de raio (r) crescente, à medida que a onda se propaga. A intensidade sonora a uma distância r da fonte sonora pode calcular-se através da seguinte expressão:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \Leftrightarrow \frac{P^2}{406(20 \times 10^{-6})^2} = \frac{W}{4\pi r^2(20 \times 10^{-6})^2} \Leftrightarrow \frac{P^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \cong \frac{W}{4\pi r^2 10^{-12}} \quad (12)$$

W representa a potência sonora da fonte em watts.

Estabelecendo relações entre as equações 12, 5 e 8, é possível obter a expressão para o cálculo do nível de pressão sonora (L_p) em campo livre, obtido à distância r [m] de uma fonte sonora com um nível de potência L_w [dB], calculado por:

$$L_p(r) = L_w - 20 \log_{10} r - 11 \quad (13)$$

A equação 13 permite concluir que num campo livre, o nível de pressão sonora radiada por uma fonte pontual decresce 6 dB por cada metro de afastamento da fonte. Por outro lado, duplicar a distância à fonte sonora provoca uma diminuição da intensidade para um quarto (devido ao aumento da área da frente de onda dada por $4\pi r^2$), havendo um decréscimo de pressão proporcional ao aumento da distância à fonte, o descrito é ilustrado na figura 7.

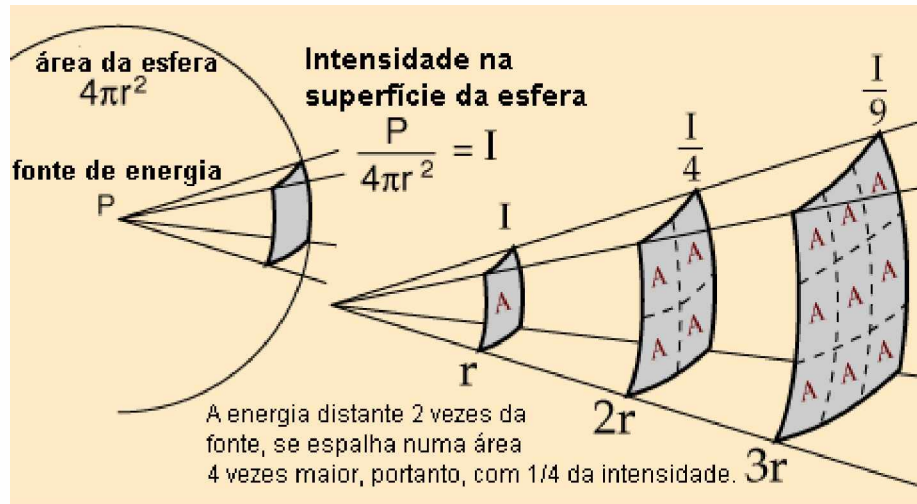


Figura 7 – Radiação do som [7].

Num **campo divergente hemisférico**, como é o caso de um som produzido ao nível de um chão que seja considerado como perfeitamente refletor, a área de radiação a ter em conta deverá ser a de uma superfície esférica, calculando-se a intensidade sonora a uma distância r da fonte, através da expressão:

$$I = \frac{W}{2\pi r^2} \Leftrightarrow \frac{P^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \cong \frac{W}{2\pi r^2 10^{-12}} \quad (14)$$

Em que **W** representa a potência sonora da fonte em watts.

Para o campo divergente hemisférico, o nível de pressão sonora L_p [dB] à distância r [m] da fonte com um nível de potência sonora L_w , calcula-se:

$$L_p(r) = L_w - 20 \log_{10} r - 8 \quad (15)$$

Pela análise da equação 15 conclui-se, que tal como no campo livre, também no campo divergente hemisférico, o nível de pressão sonora radiada por uma fonte pontual decresce 6 dB por cada metro de afastamento da fonte, no entanto, apresenta em qualquer ponto do espaço um acréscimo de 3 dB em relação ao campo livre.

Numa **fonte sonora linear ou cilíndrica** (Figura 8) a radiação é de forma uniforme no espaço, ou junto a superfícies absorventes, a propagação realiza-se num plano perpendicular à fonte segundo circunferências cujo seu perímetro cresce de forma proporcional ao raio. A intensidade sonora nestes casos, a uma distância r da fonte, pode ser calculado através da expressão:

$$I = \frac{W}{2\pi r^2} \Leftrightarrow \frac{P^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \cong \frac{W}{2\pi r 10^{-12}} \quad (16)$$

Em que **W** é a potência sonora da fonte por unidade de comprimento [em W/m].

Neste caso, o nível de pressão sonora L_p [dB] obtido à distância r [m] da fonte com um nível de potência sonora L_w , obtém-se através da expressão:

$$L_p(r) = L_w - 10 \log_{10} r - 8 \quad (17)$$

A equação 17 permite concluir que numa fonte linear a radiação em campo livre, existe uma diminuição no nível sonoro de 3 dB sempre que se aumenta a distância à fonte para um metro.

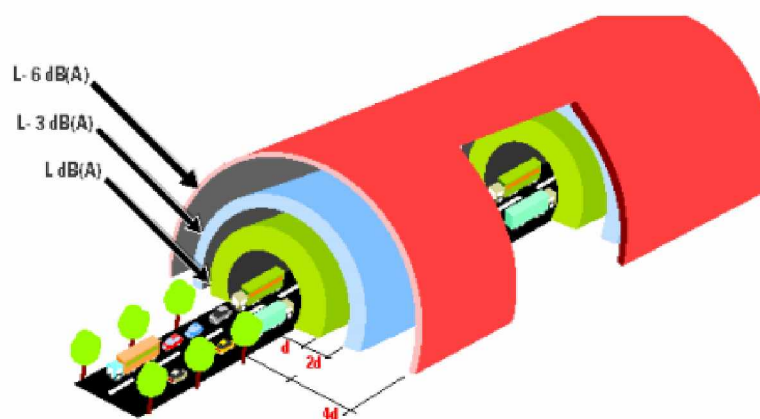


Figura 8 – Fonte linear ou cilíndrica [8].

Caso o som seja produzido junto ao chão ou a outra superfície, e se estas se considerarem como perfeitamente refletoras, a superfície de radiação a considerar

terá forma semicilíndrica, pelo que, o nível de pressão sonora L_p [dB] à distância r [m] da fonte com um nível de potência sonora L_W [dB], é dado por:

$$L_p(r) = L_W - 10\log_{10}r - 5 \quad (18)$$

Assim, para este campo, o nível de pressão sonora decresce 3 dB por cada um metro de afastamento da fonte, mas apresenta em qualquer ponto do espaço um acréscimo de 3 dB em relação ao campo livre.

A intensidade sonora também pode ser utilizada numa escala logarítmica, tendo como valor de referência I_0 correspondente à potência sonora de referência W_0 . O cálculo do **nível de intensidade sonora** faz-se através da seguinte expressão:

$$L_i = 10\log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (19)$$

Sendo que:

L_i é o nível de intensidade sonora em decibel [dB]; I é a intensidade sonora em W/m^2 e I_0 é a intensidade sonora de referência = $10^{-12} W/m^2$.

Sabendo o nível de intensidade L_i é possível calcular a intensidade sonora I , usando a seguinte equação:

$$I = I_0 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (20)$$

Num determinado ponto, o **nível global de intensidade sonora**, devido a N fontes sonoras com intensidades sonoras I_1, I_2, \dots, I_N , ou níveis de intensidade sonora, $L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{iN}$, pode ser calculado pela expressão:

$$L_i = 10\log_{10} \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_N}{I_0} = 10\log_{10} \left(10^{\frac{L_{i1}}{10}} + 10^{\frac{L_{i2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{iN}}{10}} \right) \quad (21)$$

2.1.6 Ruído

O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga em geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas extra-auditivas (Miguel, 2012). Do ponto de vista fisiológico, o ruído é o som que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa para o auditor, constituindo uma das principais causas da degradação da qualidade do ambiente.

Segundo a OMS¹, o ruído é um som que apresenta uma ameaça subestimada que pode originar um número de problemas para a saúde a curto e longo prazo como distúrbios do sono, perturbações do sistema cardiovascular, baixa performance no trabalho e perda auditiva. Pesquisas realizadas apontam o ruído como um dos agentes mais nocivos à saúde a nível físico e psíquico com consequências sociais. A OMS afirma ainda que o ruído mata mais na Europa do que a poluição do ar.

Macedo assegura que a surdez é a segunda maior doença profissional em Portugal. A exposição prologada ao ruído, ou a ruídos intensos, pode originar graves lesões ao nível dos órgãos sensoriais do ouvido interno reduzindo drasticamente a sensibilidade auditiva de forma permanente e irreparável.

A perceção do ruído dependerá das suas características, ou seja, da intensidade, da frequência e da sua amplitude medida em termos do nível de pressão sonora. Quando as vibrações sonoras audíveis são emitidas de forma harmónica (música) e em tons baixos (conversa), não constituem problema para os seres humanos. Os problemas começam quando os sons são uma mistura de vibrações e intensidades, que são prejudiciais à saúde e o bem-estar.

O ruído é frequentemente considerado como um som incómodo e indesejado (Stansfeld, 1992). O grau de incomodidade provocado pelo ruído é variável e depende de diversos fatores, tais como, idade, estado emocional, crenças ou rotina de vida do indivíduo. O que para uns indivíduos pode ser ruído ou som indesejável para outros não. Matheson (2003) refere que muitas vezes a condição psíquica se torna

¹ OMS – Organização Mundial de Saúde.

determinante quanto à percepção do mesmo vir a incomodar ou não. O ruído será quase sempre uma questão individual, e nalguns casos, até cultural.

2.1.7 Anatomia e Fisiologia da Audição Humana

O ouvido humano atua como um transdutor, capaz de captar ondas sonoras e transformá-las em sinal elétrico, que através do nervo acústico gera no cérebro a sensação sonora (Guyton, et al., 2006).

O ouvido é o órgão responsável pela captação de vibrações no ar (sons) e transformação desses sons, em impulsos nervosos que o cérebro “codifica”. Além dessa função, este órgão também está relacionado com o equilíbrio do corpo.

O sistema auditivo humano é altamente sensível e suscetível a fontes ruidosas, as quais podem causar danos irreversíveis à sua função. É composto por três partes fundamentais: o **ouvido externo**, a **ouvido médio**, e o **ouvido interno**, tal como ilustra a figura 9.

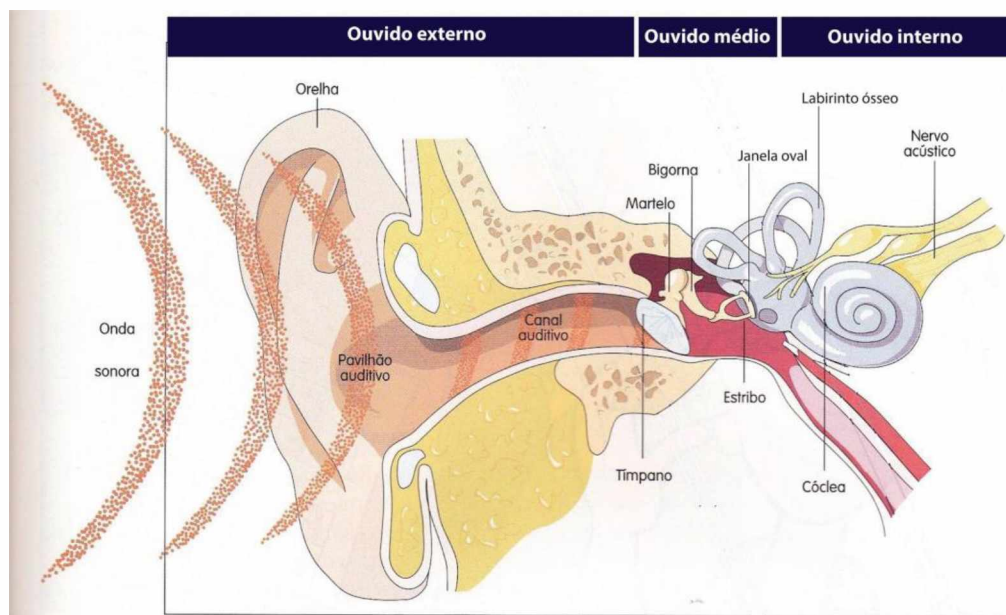


Figura 9 – Esquema em corte do Aparelho Auditivo Humano [9].

Os três elementos constituintes do aparelho auditivo têm como função gerir a parte bioacústica do som. As ondas de pressão emitidas pela fonte sonora são rececionadas

e transformadas em energia mecânica pelo ouvido externo e pelo ouvido médio e são convertidas em impulsos nervosos para serem decodificadas pelo cérebro no ouvido interno (Inaoka, 2011).

O Ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular (ou orelha), o meato acústico externo (canal auditivo) e a membrana do tímpano. As vibrações sonoras são captadas pelo pavilhão auricular e transmitidas à membrana do tímpano através do canal auditivo.

A função do pavilhão auricular ou orelha é essencialmente captar o som, este tem forma irregular e é constituído essencialmente por cartilagem elástica coberta por uma fina camada de pele, glândulas sebáceas e algumas glândulas sudoríparas.

O meato acústico externo, também denominado por canal auditivo, vai desde o pavilhão auricular até à membrana do tímpano, com um comprimento de aproximadamente 2,5 cm. É um canal achatado e de paredes rígidas, que o mantêm constantemente aberto. O terço externo desse canal é constituído pela continuação da cartilagem do pavilhão auricular e nos seus dois terços internos por uma porção escamosa e timpânica do osso temporal. Está revestido internamente por pele rica em pelos, glândulas sebáceas e ceruminosas, que excretam o cerúmen (substância pastosa de coloração marrom), estes assumem uma função protetora, dificultando a penetração de objetos estranhos.

A membrana do tímpano é responsável por receber e transmitir as vibrações provocadas pelas ondas sonoras para os ossículos do ouvido médio. É uma membrana bastante elástica, sensível às variações de pressão do ar, que vibrará de forma proporcional à intensidade do som. O tímpano apresenta uma posição oblíqua em relação ao canal auditivo, proporcionando uma maior área de superfície, capaz de captar melhor as vibrações.

O Ouvido Médio transforma as ondas sonoras em vibrações mecânicas que serão transmitidas para o ouvido interno. A sua constituição possibilita o transporte e ampliação das vibrações provocadas no tímpano até ao ouvido interno.

O ouvido médio é a cavidade que separa a membrana timpânica da superfície óssea do ouvido interno e localiza-se na espessura do osso temporal. O estribo está ligado à

membrana que faz a separação entre o ouvido médio e o ouvido interno, designada por janela oval. Unindo a janela oval ao tímpano existe um sistema de três ossículos articulados, formado pelo martelo, bigorna e estribo que formam um sistema de alavancas amplificando as vibrações do tímpano, para que possam ser detetadas pelo ouvido interno. O martelo insere-se na membrana timpânica e o estribo na janela oval, enquanto a bigorna encontra-se entre esses dois ossículos. Existem ainda dois pequenos músculos estreados esqueléticos, inseridos no martelo e no estribo, (tensor do tímpano e o tensor do estribo) que regulam a condução do estímulo sonoro.

A Trompa de Eustáquio é também parte constituinte do ouvido médio, que ao fazer a comunicação com a garganta, regula as pressões entre os dois lados do tímpano para que estejam em equilíbrio.

O Ouvido interno está inserido numa cápsula óssea designada por labirinto ósseo, aqui as vibrações estimulam os recetores e transformam-se em impulsos nervosos que vão alcançar o sistema nervoso central, através do nervo acústico.

O ouvido interno pode ser dividido em dois sistemas: a cóclea ou caracol, responsável pela audição, e os órgãos de equilíbrio, dos quais se destacam os canais semicirculares. A cóclea é uma estrutura altamente especializada como órgão recetor de sons, é um canal de paredes ósseas enrolado em espiral com forma de caracol. Este espaço contém mais de 30000 células capilares que atuam como transdutores de vibração mecânica para impulsos e aproximadamente 20000 a 30000 fibras basilares que transmitem os impulsos para o cérebro e vice-versa (Guyton, et al., 2006).

As vibrações sonoras recebidas pelo tímpano são transmitidas ao líquido existente na cóclea, designado por linfa, através dos três ossículos articulados do ouvido médio. Esse líquido oscila em função das vibrações recebidas, estimulando as terminações altamente sensíveis das células ciliadas, encarregues de conduzir os estímulos nervosos. Os nervos auditivos têm frequências características de oscilação diferentes de acordo com o seu tamanho, pelo que só alguns oscilam para cada vibração recebida pelo tímpano. A vibração dos nervos auditivos originará sinais elétricos que serão transmitidos ao cérebro, ou seja, o influxo nervoso é levado pelo nervo coclear até ao córtex cerebral, onde se tornará consciente.

Os sons agudos geram ondas que atingem o máximo de vibração na base da cóclea, enquanto os sons graves atingem o máximo no seu topo.

O fenómeno auditivo só é possível devido à movimentação dos cílios. Quando o ruído é muito intenso, os cílios podem dobrar-se até se partirem, provocando perda auditiva. Os cílios não têm a capacidade de se regenerar, pelo que os danos causados são irreversíveis.

Assim, com exposição auditiva a níveis de ruído com potencial de dano, os cílios são destruídos gradualmente, numa primeira fase as células da base ou mais próximas do ouvido médio e à medida que aumenta a exposição, o dano vai-se alastrando às células contíguas, originando o défice auditivo para lá das frequências de conversação servindo de obstáculo às comunicações (Arezes, et al. 2009).

Em suma, o som propaga-se por uma alteração vibratória da pressão sobre a membrana timpânica que é transmitida pelos ossículos ao líquido do ouvido interno através da janela oval. As vibrações são recebidas na cóclea pelas células ciliadas e transmitidas através do nervo acústico ao cérebro que as codifica.

2.1.8 Audibilidade

A audibilidade está relacionada com a sensibilidade que possuímos a determinado som, ou seja, a forma como o ouvido humano recebe e interpreta as flutuações de pressão sonora associadas à variação de frequência. A disciplina responsável por este estudo é a psicoacústica, que ao relacionar a acústica e a fisiologia auditiva, consegue estabelecer relações entre as características do som e a sensação auditiva provocada por ele.

O nível de audibilidade traduz a resposta do ouvido a um som emitido a determinada pressão e frequência, permitindo a avaliação da incomodidade do mesmo. A unidade utilizada para medir o nível de audibilidade é o fone (F) que, por definição, corresponde ao nível de pressão sonora de um som à frequência de 1000 Hz. Por outro

lado, a unidade de intensidade audível é o sone (S), correspondente à intensidade audível de um som à frequência de 1000 Hz e a um nível de pressão de 40 dB.

A relação entre estas duas grandezas estabelece-se através da seguinte expressão:

$$s = 2^{\frac{F-40}{10}} \quad (22)$$

Pela análise da expressão verifica-se que uma alteração de 10 fones corresponde a duplicar ou reduzir para metade a intensidade audível.

É possível estabelecer curvas isofónicas, que correspondem ao traçado gráfico de linhas de sons de igual perceção auditiva em função do seu nível de pressão sonora e da sua frequência. Conduto, estas curvas de audibilidade variam de indivíduo para indivíduo podendo ser expandidas, ou seja, o nosso ouvido tem capacidade para se adaptar aos sons ao longo do tempo e variam conforme a idade decrescendo, em média, a partir dos 25 anos, ponto onde a capacidade auditiva atinge o seu ápice (Carvalho, 2012). Assim, as curvas isofónicas normalizadas, de igual nível de audibilidade só podem ser obtidas experimentalmente, a partir do estudo estatístico das variações de sensação sonora experimentada por uma amostra considerável de indivíduos jovens com audição normal.

A primeira experiência realizada para o traçado das curvas isofónicas, consistiu em comparar um som puro de 1000 Hz a determinada pressão sonora com outro som a diferente frequência a variar a sua intensidade até que um indivíduo médio da amostra de estudo considerasse que eram iguais. Essas curvas devem-se a Fletcher e Munson e estão representadas na figura 10 de acordo com a norma ISO² 226:1987.

Foram várias as pesquisas realizadas para determinar a sensibilidade média da audição em pessoas normais, dessas podem destacar-se: a pesquisa da NIOSH³ nos Estados Unidos, realizada entre 1935 e 1936; a pesquisa durante as feiras mundiais de Los Angeles e Nova Iorque, nos anos de 1939 e 1940 com uma amostra de estudo de 500 mil pessoas e ainda 15 pesquisas da ISO em 1964. Os resultados dessas pesquisas

² ISO – International Organization for Standardization.

³ NIOSH – The National Institute for Occupational Safety and Health.

permitiram o aperfeiçoamento do traçado das linhas isofónicas de acordo com os resultados médios obtidos.

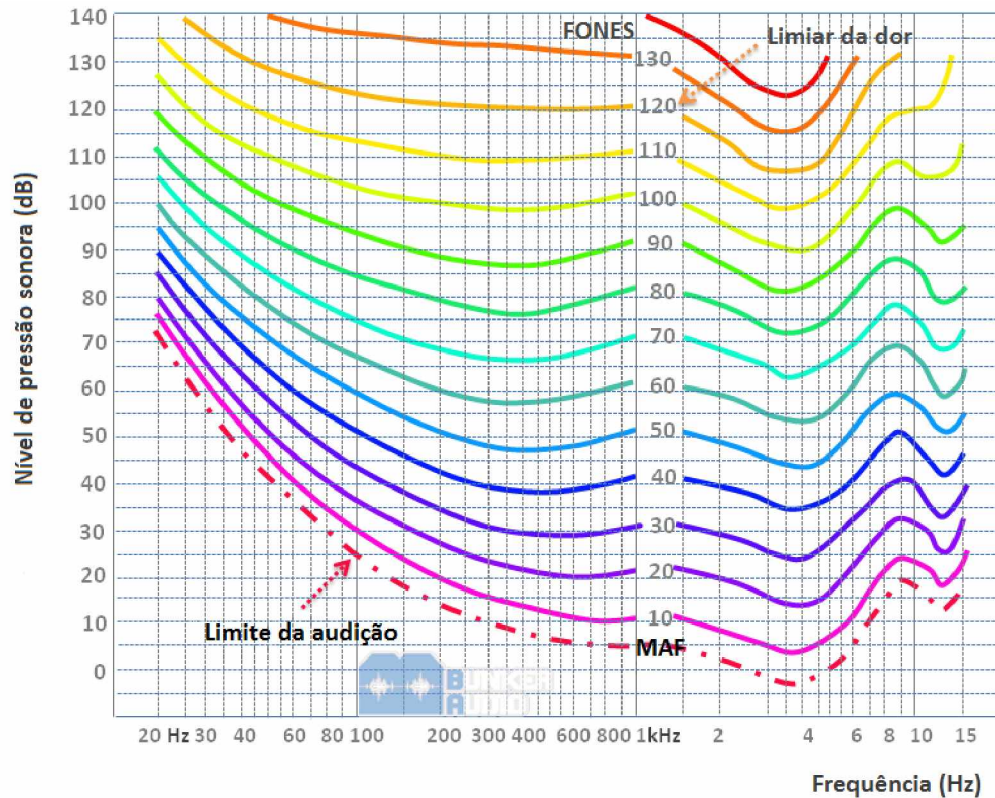


Figura 10 – Representação gráfica das linhas isofónicas ou curvas de Fletcher-Munson [10].

Pela análise das linhas isofónicas verifica-se que a baixo nível sonoro, a audibilidade dependerá bastante da frequência, tendendo a tornar-se linear com a elevação do mesmo.

Uma leitura mais atenta do gráfico, permite concluir, por exemplo, que um som com frequência de 1000 Hz e um nível sonoro de 70 dB terá um nível de audibilidade de 70 fones, enquanto os mesmos 70 dB a 63 Hz correspondem a 56 fones.

A linha isofónica de 4,2 fones, representada pela curva a tracejado, corresponde ao campo mínimo perceptível (MAF) ou limiar da sensação auditiva⁴. O limiar da sensação dolorosa é de aproximadamente 120 fones, sendo que o ouvido apresenta uma maior sensibilidade auditiva entre 250 Hz e 5000 Hz.

⁴ Também designado por limiar da audição biaural.

Na figura 11 são representadas graficamente as linhas isofônicas tendo em conta o grau de incomodidade de um som a determinado nível sonoro e frequência.

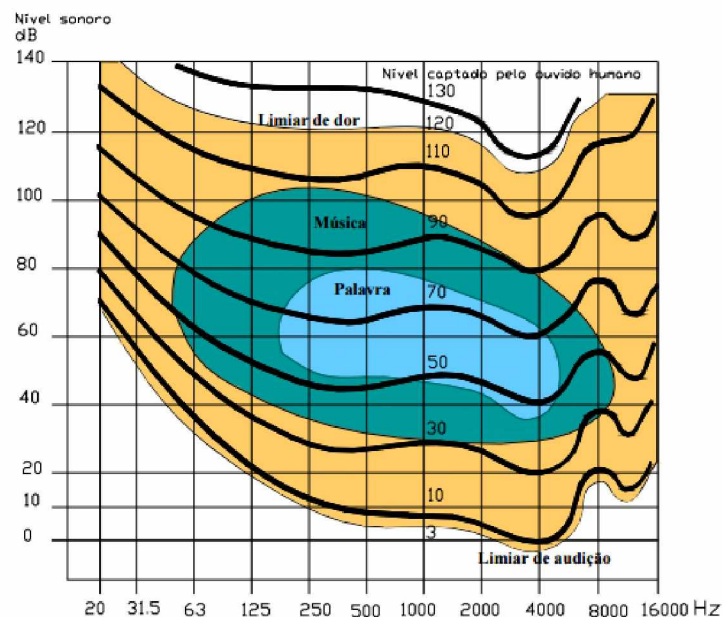


Figura 11 – Curvas isofônicas e grau de incomodidade [Fonte: Mateus, 2008].

2.1.9 Bandas de oitava e tons

Como já foi referido, um diapasão gera um som puro, ou seja, um som com uma só frequência. Se existirem vários diapasões em simultâneo e cada um a gerar uma frequência diferente, o campo sonoro resultante será constituído por várias componentes, cada uma com a sua frequência. Esta situação ajuda a perceber a composição dos sons que ouvimos diariamente, uma vez que qualquer fonte sonora emitirá um número elevadíssimo de componentes de frequências diferentes. O estudo do som em frequência denomina-se por análise espectral e permite conhecer o conteúdo em frequência de um som e controlar as suas causas.

Com a utilização de um microfone é possível obter, num determinado campo sonoro, o espectro sonoro ou espectro em frequência desse campo, representado num gráfico em que no eixo das ordenadas é registado o nível de pressão sonora e no eixo das abcissas a frequência. No caso dos três diapasões obter-se-ia um espectro sonoro discreto, com intensidades bem definidas em três valores de frequência. Uma fonte qualquer emitirá sons a inúmeras frequências, pelo que o espectro gerado terá uma

infinidade de componentes, sendo assim, um espectro contínuo. Posto isto, medir o espectro sonoro de uma fonte em toda a sua gama audível torna-se uma tarefa impossível, dado o infinito número de frequências que este comporta.

Contudo, é possível medir apenas um componente de frequência do som, através da utilização de um bom microfone, que transforma o sinal de pressão sonora num sinal elétrico equivalente e o faz passar por um filtro de banda muito estreito, eliminando as frequências que não se querem analisar e calculando por fim o seu valor eficaz.

Se os filtros utilizados tivessem uma largura de banda de 1 Hz, seriam necessários cerca de 20 mil filtros para que se obtivesse o espectro pretendido. Uma análise deste género acarrentaria inúmeros custos e seria bastante morosa, pelo que são utilizados filtros de oitava. Os filtros de oitava não isolam frequências individualmente mas isolam gamas ou bandas de frequência. Assim, para a análise espectral, são utilizados estes filtros, em que a frequência mais alta de cada um é igual à frequência mais baixa do próximo, cobrindo todas as frequências da gama audível. O registo é feito para o valor da pressão sonora em cada banda, originando o espectro de oitavas. O nível sonoro registado em cada banda designa-se por nível de banda.

O espectro em bandas de oitava, ilustrado na figura 12, fornecerá assim informação suficiente na maioria dos casos. Normalmente regista-se o nível de pressão sonora à frequência central de cada banda. Os valores estipulados como frequências centrais de cada banda de oitava (em Hz) são:

31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 e 16000

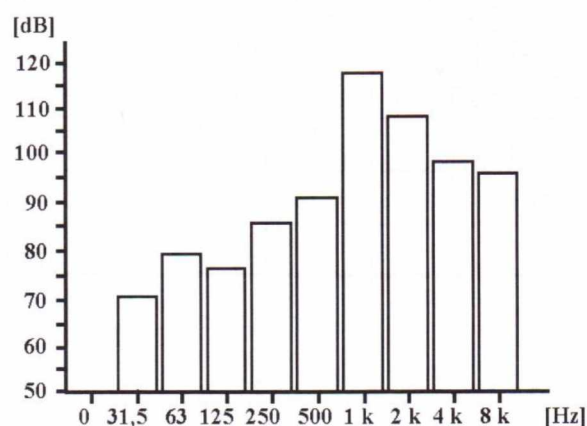


Figura 12 – Espectro em bandas de oitava [Fonte: Nunes, 2006].

Para medições mais precisas podem ainda ser utiliza-se outros filtros como 1/2 de oitava, 1/3 de oitava e ainda os de banda estreita, inferiores a 1/3 de oitava. Obvio que a sua aplicação será mais demorada e apresentará mais custos.

2.1.10 Curvas de ponderação

Como já foi referido, a sensibilidade do ouvido humano não é igual para todas as frequências, pelo que não faz sentido que os níveis de pressão para as diferentes bandas de oitava possuam a mesma ponderação. Assim, é necessário efetuar ponderações aos níveis de pressão obtidos para cada banda de oitava. Estas ponderações apoiam-se nas curvas de Fletcher-Muson.

Para resolver esta problemática são utilizados filtros (ou malhas de ponderação) denominados de A, B e C (Figura 13), de forma a simular a resposta do ouvido humano a determinado ruído. Estas curvas de compensação foram padronizadas internacionalmente e introduzidas nos circuitos eletrónicos dos aparelhos que medem o nível de pressão sonora.

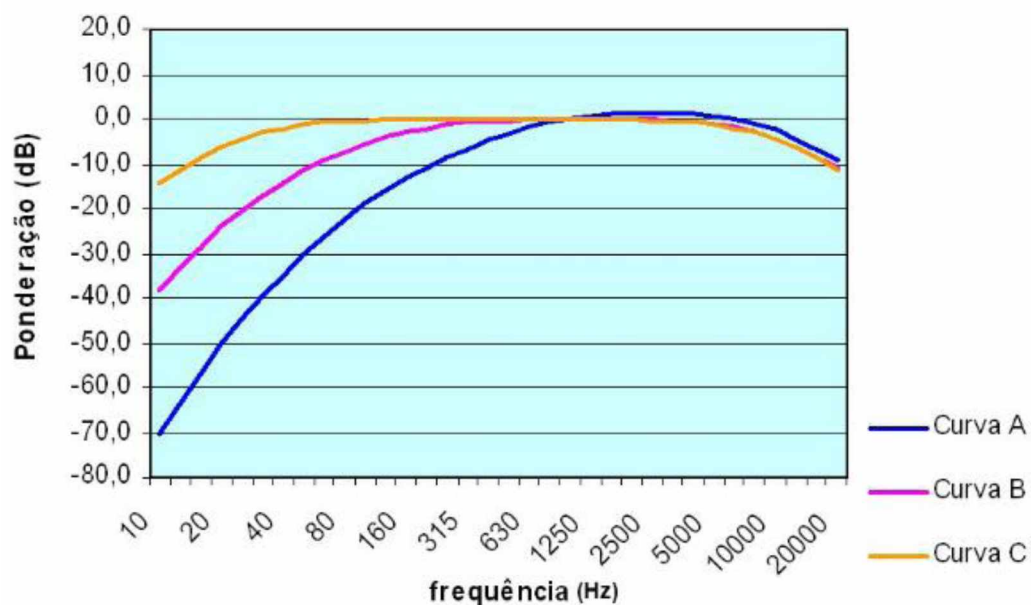


Figura 13 – Filtros de ponderação para medição do ruído [11].

A escala C é utilizada para altos níveis de pressão sonora, sendo essencialmente linear, apenas com pequenas atenuações para altas e baixas frequências, fornecendo uma leitura quase direta da pressão sonora medida. É o filtro de ponderação menos usado, contudo é o que mais se adequa para medir ruídos de impacto.

As escalas A e B actuam por forma a fornecer medidas dos níveis de pressão sonora que se aproximam da forma como o ouvido humano se apercebe desses níveis. Das duas, a escala A é a mais usada, sendo a B muito raramente aplicada (Nunes, 2006).

A escala A é a que melhor simula a sensibilidade do ouvido humano, sendo a mais adequada para a avaliação da perda auditiva e determinação dos índices de incomodo e perturbação auditiva em meios industriais e no ambiente em geral. Um nível de pressão atenuado pelo filtro de A designam-se por nível de pressão sonora ponderado A e apresenta-se em **dB (A)**. Na tabela da tabela 2 indicam-se as ponderações dos filtros A e C para cada oitava.

Frequências centrais de bandas de oitava (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuação (filtro A), dB	- 26,2	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1	- 1,1
Atenuação (filtro C), dB	- 0,8	- 0,2	0	0	0	- 0,2	- 0,8	+ 3,0

Tabela 2 – Ponderações dos filtros A e C para cada oitava.

Existe ainda uma escala D, muito particular, baseada em altos níveis de pressão sonora (acima dos 120 dB), como sons produzidos em reatores e turbinas de avião. É recomendada para a medição de ruídos associados à aviação.

2.1.11 Tipos de ruído

Para além dos parâmetros já enunciados que permitem caracterizar o som, também o tempo de duração do mesmo é de extrema importância, principalmente no que respeita à perturbação da sensibilidade auditiva. A norma ISO 2204:1979 faz a

classificação dos tipos de ruído mais frequentes, tendo em conta o seu espectro de frequências, as características do campo sonoro e as variações de nível com o tempo.

No que concerne à dependência do tempo, o ruído pode dividir-se em estacionário e não estacionário. O ruído estacionário ou uniforme (figura 14) é aquele em que nível de pressão sonora ponderado $L_{p(A)}$ sofre variações mínimas durante o período de observação, sendo que a diferença entre os valores máximo e mínimo não ultrapassa os 5 dB (A).

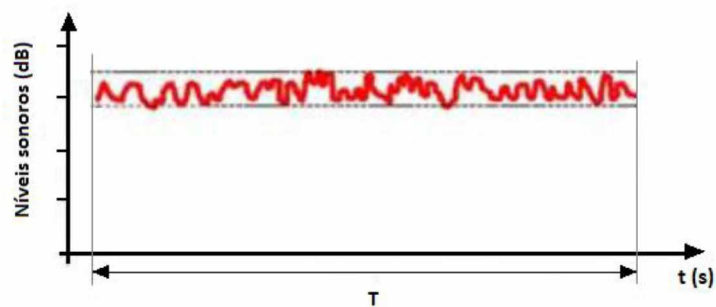


Figura 14 – Onda característica de um ruído estacionário ou uniforme [Fonte: Mateus, 2008].

O ruído não estacionário pode ser subdividido em três tipos: flutuante, intermitente e impulsivo.

O ruído flutuante é o tipo de ruído mais frequentemente verificado na indústria, característico da grande variedade de equipamentos industriais emissores de ruídos distintos a trabalhar ao mesmo tempo. No ruído flutuante observa-se uma variação contínua do nível de pressão sonora durante um período de tempo considerável, tal como ilustra a figura 15. O ruído das centrais de produção e das fábricas de fiação é um exemplo de ruído flutuante.

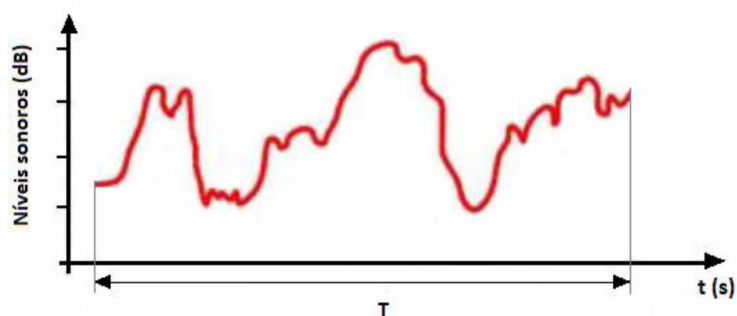


Figura 15 – Onda característica de um ruído flutuante [Fonte: Mateus, 2008].

O ruído intermitente é aquele em que existem variações bruscas do nível de pressão sonora, mantendo-se constante durante um período de tempo de aproximadamente 1 segundo ou mais, como se pode observar na figura 16. Um exemplo deste tipo de ruído é a rebarbagem de peças.

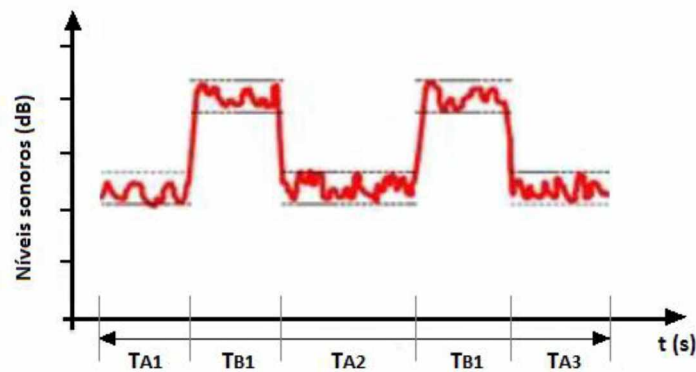


Figura 16 – Onda característica de um ruído intermitente [Fonte: Mateus, 2008].

O ruído impulsivo (Figura 17) é caracterizado pela existência de um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração inferior a 1 segundo e separados por mais de 0,2 segundos. Este tipo de ruído verifica-se quando a diferença entre o valor máximo de pressão sonora e o nível sonoro equivalente ponderado A, é igual ou superior a 20 dB, medidos num intervalo de tempo superior a 5 minutos. Um exemplo deste tipo de ruído é a martelagem de peças.

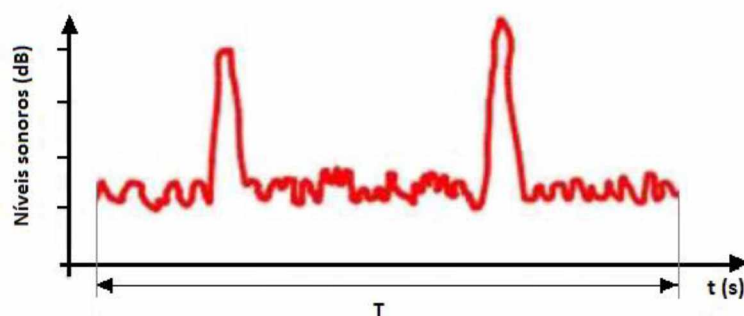


Figura 17 – Onda característica de um ruído impulsivo [Fonte: Mateus, 2008].

2.1.12 Comportamento do ruído

Quando uma onda sonora encontra um obstáculo a sua energia pode assumir três formas: uma parte é refletida, outra é absorvida e a restante pode ser transmitida através do obstáculo, tal como ilustra a figura 18.

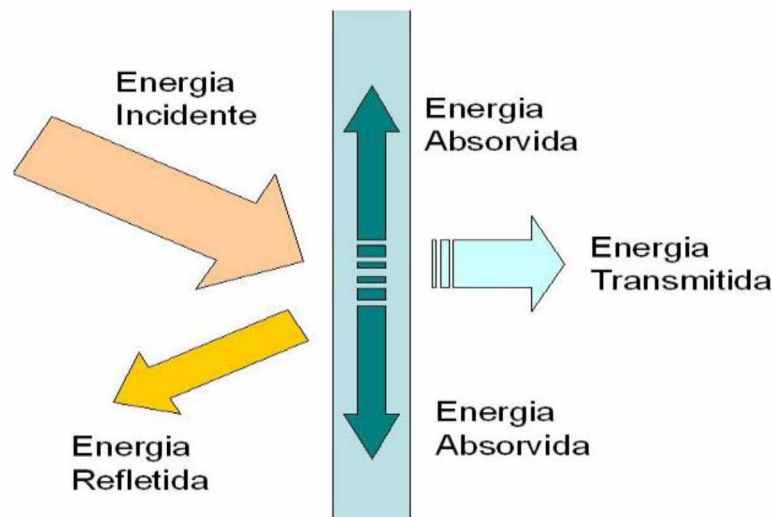


Figura 18 – Reflexão, absorção e transmissão do som ao encontrar uma parede [12].

A **reflexão** ocorre quando uma onda sonora atinge um obstáculo e retorna ao seu ponto de origem, havendo na maioria dos casos mudança de direção da propagação da energia, exceto se o ângulo de incidência for de 0° . Este fenómeno tem maior expressão quando o som embate em superfícies duras e lisas. O eco, a reverberação e a ressonância são efeitos sonoros consequentes da reflexão do som.

O eco consiste na reflexão do som que chega ao ouvinte pouco tempo depois do som direto (ondas sonoras ouvidas diretamente da fonte). Para que seja possível distinguir o eco é necessário que o trajeto do som cumpra pelo menos 23 metros de distância, havendo uma diferença de 1/15 segundos entre o sinal sonoro original e o refletido, tendo em conta que a velocidade do som no ar é de 341 m/s.

A reverberação consiste no prolongamento do som original devido a sucessivas reflexões. Este fenómeno ocorre quando a distância entre a fonte sonora e o obstáculo é inferior a 17 metros, permitindo uma diferença menor que 0,1s entre os instantes em que os sons são recebidos, não se distinguindo entre si. Por outras palavras, a

reverberação é a persistência de um ruído permanecer audível após ser emitido durante uma quantidade finita de tempo. O tempo de reverberação é o tempo que esse mesmo ruído demora até decair 60 dB em termos de nível de pressão num espaço fechado (Gonçalves, 2008).

A ressonância acústica ocorre quando a fonte sonora emite um som com frequência igual à frequência natural de um recetor. Este fenómeno conduz a uma espécie de amplificação do som, aumentando sua intensidade (Wikipédia, 2016)

A **absorção** do som verifica-se quando as ondas sonoras são absorvidas pelo material que constitui o obstáculo. Para que haja um isolamento significativo o obstáculo/objeto deverá ter uma espessura maior que o comprimento de onda do som incidente. Por exemplo, a 10 KHz o comprimento de onda do som é de 3,4 cm, pelo que um pequeno objeto causará perturbação no campo sonoro, absorvendo e isolando a energia acústica. Conduto a 100 Hz o isolamento acústico torna-se complicado, visto que o comprimento de onda é de 3,4 m. A eficiência da absorção sonora aumenta assim com a espessura e com a superfície do material absorvedor.

O coeficiente de absorção (α) é a grandeza que quantifica a capacidade de absorção de um objeto. Um material perfeitamente absorvente, capaz de absorver toda a potência incidente, apresentaria um coeficiente α igual a 1. O coeficiente de absorção varia consoante a frequência, tal como se pode verificar na tabela 3.

Frequência	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Argamassa	0,14	0,1	0,06	0,05	0,04	0,03
Madeira com caixa de ar de 25 mm	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05
Pavimento em betão	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Parquet	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07

Tabela 3 - Coeficientes de absorção sonora α de alguns materiais [Fonte: Carvalho, 2012].

Alguns materiais têm maior capacidade de isolamento que outros, havendo dois tipos de materiais fonoabsorventes: os materiais porosos (onde a energia sonora é transformada em calor pelo atrito do ar, como por exemplo: lã, algodão, cortiça, esferovite, borracha e outros) e os materiais ressonadores (constituídos por cavidades ligadas a canais estreitos onde ocorre ressonância a uma determinada frequência, como: placas de plástico perfurado e gesso) (Miguel, 2010).

A **transmissão** do som ocorre quando as ondas sonoras que incidem num determinado obstáculo, constituído por materiais com características relativamente elásticas, são transmitidas de um lado para o outro da parede. Este fenómeno dá-se quando a onda sonora, que atinge o material, faz com que este vibre e gere som que é posteriormente transmitido para o lado oposto da parede. A transmissão observa-se em materiais transmissores de baixa densidade e pouco rígidos, sendo bastante condicionada pela temperatura.

Quando o ruído é recebido através de ondas sonoras providas diretamente da fonte, sem sofrer reflexões, chama-se campo direto. No caso de um ambiente industrial, como por exemplo uma oficina, o campo sonoro é constituído por sons gerados por inúmeras fontes, cujas ondas sonoras podem ser rececionadas de forma direta ou indireta, sofrendo desvios na sua direccionalidade por reflexão ao incidir nos obstáculos que encontram durante a sua propagação no ar. O campo gerado neste tipo de ambiente designa-se por campo difuso, uma vez que as ondas sonoras podem provir de todas as direções com igual probabilidade de ocorrência. Este feito de difração do ruído torna quase desprezável a influência do som emitido em campo direto pela fonte sonora, visto que os ângulos de incidência do campo sonoro reverberado fazem chegar o ruído a praticamente todo o espaço.

No fenómeno de reflexão, o ângulo com que a energia sonora é refletida dependerá da superfície do obstáculo. Numa superfície plana o ângulo da reflexão da onda sonora é idêntico ao ângulo de incidência da onda sonora antes de sofrer reflexão, como mostra a figura 19.

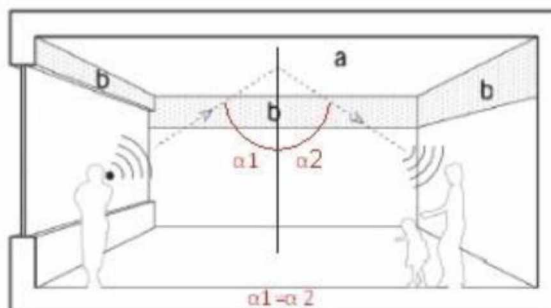


Figura 19 – Reflexão do ruído numa superfície plana [Fonte: Lehmann, 1961].

Em superfícies côncavas e convexas o efeito da reflexão converge (figura 20) ou afasta-se (figura 21) de um ponto próximo da fonte.

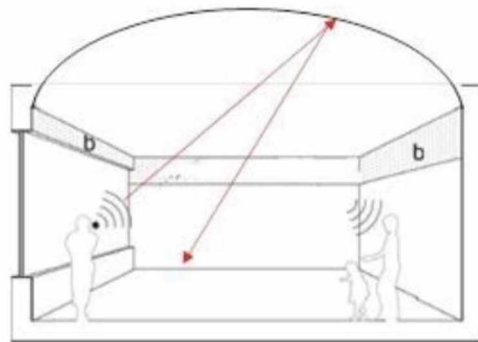


Figura 20 – Reflexão do ruído numa superfície côncava [Fonte: Adaptado de Lehmann, 1961].

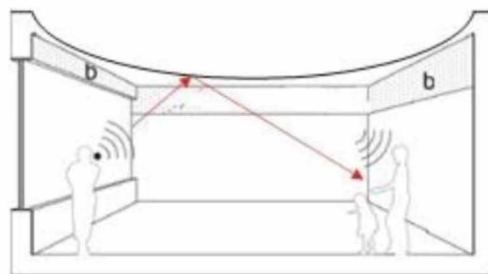


Figura 21 - Reflexão do ruído numa superfície convexa [Fonte: Adaptado de Lehmann, 1961].

Pelo exposto, em locais onde existem vários equipamentos ruidosos a operar ao mesmo tempo e confinados no mesmo espaço, forma-se um campo sonoro complexo, onde os vários ruídos se misturam, originando um ambiente bastante prejudicial a que o trabalhador ficará exposto durante o seu dia de trabalho.

Quanto maior for a potência do sinal sonoro, maior será o tempo de duração da reverberação do ruído e do intervalo de tempo necessário para que ocorram os fenómenos de absorção e reflexão das ondas sonoras, resultantes da sua colisão com a superfície dos diversos obstáculos que encontram durante a propagação no ar. Assim, a intensidade sonora na fonte e a configuração do espaço envolvente são aspetos relevantes na forma como o ruído se dissipa.

Na atenuação do ruído importa ainda a distância a que a fonte emissora se encontra do recetor, existindo uma redução de 5 a 6 dB quando a distância entre ambos duplica.

2.1.13 Medição do ruído

O aparelho que geralmente se utiliza na medição do nível de ruído é o sonómetro, constituído essencialmente por um microfone, amplificadores e um mostrador com um indicador de ponteiro ou digital. Por norma, este é um aparelho portátil cujo diafragma do seu microfone responde às alterações na tensão do ar provocadas pelas ondas sonoras, medindo assim o valor de pressão sonora. O movimento do diafragma do microfone, provocado pelo desvio devido à pressão sonora (Pascal - Pa) é convertido num sinal elétrico (volts V), que por sua vez é transformado pelo aparelho no nível de pressão sonora resultante em decibéis (dB). As variações de pressão captadas pelo microfone têm amplitude muito pequena, pelo que é necessário a sua amplificação antes de serem medidas.

Os sonómetros são usados para a quantificação de diferentes tipos de ruído, como o ruído industrial, ambiental e de aeronaves. As normas internacionais mais importantes que especificam as funcionalidades dos sonómetros são as publicadas pela ISO e pela IEC⁵ 61672-1:2013.

A IEC 61672-1 especifica três tipos de instrumentos de medição do som: o sonómetro “convencional”, o sonómetro integrador-mediador, e o sonómetro integrador. O sonómetro “convencional” mais simples pode ser designado de mediador de nível sonoro instantâneo. Segundo a norma IEC os sonómetros podem dividir-se em duas classes de precisão, ambas com iguais funcionalidades, mas margens de erro diferentes. Assim, os instrumentos da classe 1 têm uma banda de frequência mais ampla e uma tolerância mais apertada, sendo por isso mais precisos que os de classe 2. Para que o sonómetro tenha uma reação semelhante à do ouvido humano, o mesmo tem de apresentar um sistema que permita várias ponderações de tempo:

- slow (resposta lenta), com elevado amortecimento e um tempo de integração de aproximadamente 1 s;
- fast (resposta rápida), com um amortecimento pequeno e um tempo de integração de 125 ms;

⁵ IEC – International Electrotechnical Commission.

- impulse (impulso), para ruídos do tipo impulsivo, utiliza-se uma constante de tempo de 35 ms quando o sinal sobe e 1 s quando o sinal desce.

- peak (pico), com um tempo de subida muito rápido e sem tempo de descida.

Assim, os sonómetros devem ter a capacidade de efetuar leituras lentas, rápidas ou impulsivas, dependendo da variação do som. Devem também calcular o valor máximo do pico de nível de pressão sonora (L_{Cpico}), correspondente ao valor máximo instantâneo do nível sonoro que ocorre num determinado intervalo de tempo.

Um sonómetro que só meça o nível sonoro instantâneo não permite uma boa avaliação acústica do risco de danos auditivos ou incomodidade, pelo que é utilizado um sonómetro integrador. Este permitirá uma leitura do nível de ruído em dB com filtros de ponderação (A, B, C, D).

De acordo com a legislação portuguesa NP⁶ 3496, os sonómetros não integradores devem ser pelo menos de classe 2, dispondo no mínimo das características temporais S (resposta lenta) e I (impulso) e da ponderação de frequência A, sendo preferível os de classe 1, por serem mais precisos na medição. Estes deverão ainda ser equipados com um banco de filtros de banda de oitava ou de terço de oitava de frequências centrais, de acordo com as normas CEI⁷ 225 (de 1966) e ISO 226-1975, para que seja possível realizar as análises em frequência.

Os sonómetros integradores já fazem a medição do nível contínuo equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) de qualquer tipo de ruído e do nível do pico de pressão sonora, L_{Cpico} , devendo estar equipados com um banco de filtros de banda de oitava ou de um terço de oitava. As frequências centrais normalizadas dos filtros de banda de oitava em hertz são: 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000. As frequências centrais normalizadas dos filtros de um terço de oitava em hertz são: 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000.

Existe ainda outro tipo de sonómetro integrador designado por dosímetro, conhecido como um medidor pessoal de exposição sonora, tendo o seu próprio padrão

⁶ NP – Norma Portuguesa.

⁷ CEI – Comitato Elettrotecnico Italiano.

internacional, a IEC 61252: 1993. Este é um medidor especializado, destinado a medir a exposição pessoal do trabalhador ao longo de um período de tempo, de acordo com os regulamentos de saúde e segurança, como sejam a (OSHA⁸) 29 CFR 1.910,95 ou a Diretiva da União Europeia 2003/10/CE. Este dispositivo é montado junto ao corpo do trabalhador, possibilitando a determinação dos níveis de exposição do trabalhador ao ruído durante um dia de trabalho, incluindo pausas.

O dosímetro mede a dose de ruído equivalente $D[\%]$ de todos os ruídos superiores a 80 dB (A) acumulados durante as 8 horas de trabalho. A dose máxima admissível em que D é igual a 100% corresponde ao nível contínuo equivalente, $L_{Aeq,T}$ igual a 90 dB(A) durante 8 horas.

De acordo com a o Decreto-lei 182/2006 de 6 de setembro, podem utilizar-se dosímetros de ruído para medição da exposição pessoal diária de cada trabalhador, desde que:

- O dosímetro esteja calibrado segundo o critério ISO, ou seja, de forma que, ao duplicar a energia sonora recebida, L_{EP} aumente 3 dB(A);
- As características do dosímetro de ruído devem cumprir no mínimo as prescrições da norma NP 3496 (Nº 6, 7.1 e 7.2), devendo a margem de linearidade do aparelho e sua capacidade de integração de todos os tipos de ruído, ser no mínimo equivalentes às fixadas na publicação CEI 804 de 1985 para sonómetros integradores da classe 2.

A figura 22 ilustra um sonómetro integrador (a) e um dosímetro de ruído (b).

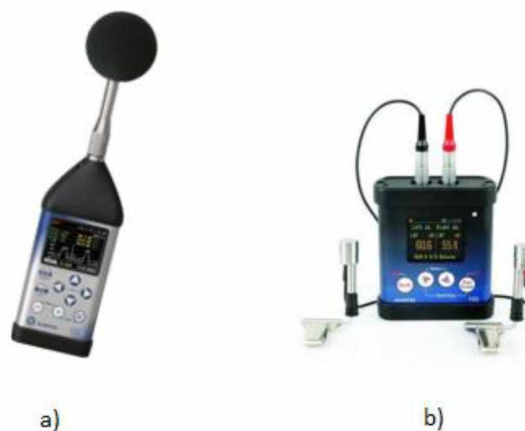


Figura 22 – a) Sonómetro integrador [13]; b) dosímetro de ruído [13].

⁸ OSHA – Occupational Safety and Health Administration.

As medições dos níveis de pressão sonora num determinado espaço, em que não hajam grandes variações do ruído, podem ser representadas num **mapa de ruído**.

O mapa de ruído será assim uma representação gráfica da distribuição espacial dos níveis de ruído em determinado ambiente, possibilitando um diagnóstico visual fácil e rápido através de uma escala cromática. Estes mapas permitem uma análise detalhada das emissões sonoras, da influência das diferentes fontes e da população exposta a estas.

Os mapas de ruído são muito utilizados pelos municípios, detalhando os níveis de ruído existentes durante o período noturno e diurno nas cidades. Nas figuras 23 e 24 apresenta-se como exemplo os mapas de ruído da cidade de Évora.

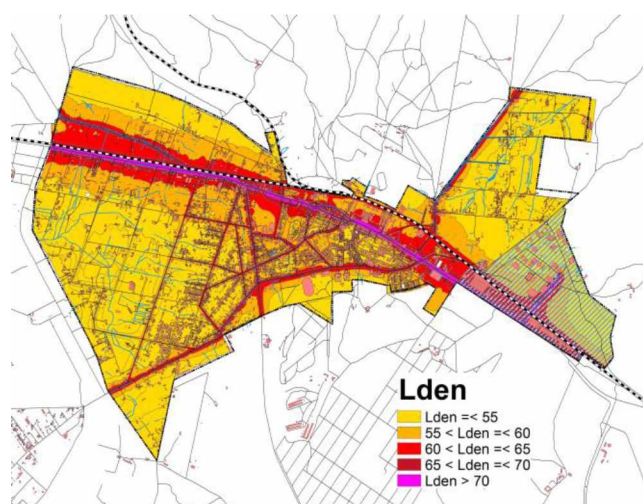


Figura 23 – Mapa de ruído da cidade de Évora (L_{den} - níveis de ruído diurno) [14].

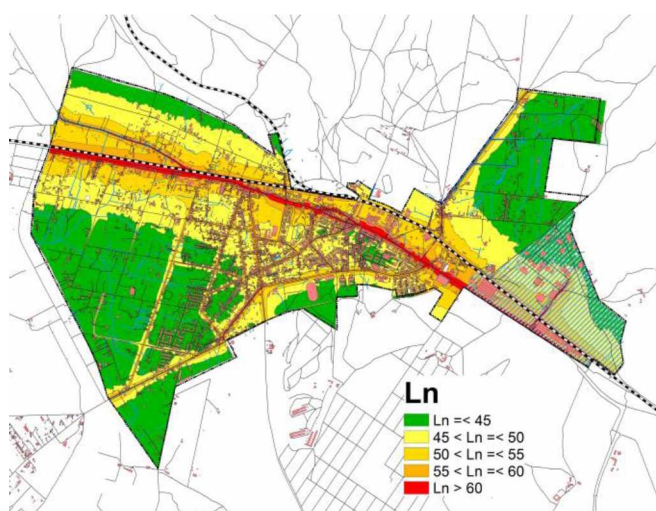


Figura 24 – Mapa de ruído da cidade de Évora (L_n - níveis de ruído noturno) [14].

CAPÍTULO III

EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM

3.1 EFEITOS DO RUÍDO

Conforme já referido no capítulo anterior, o ruído é descrito como um som que produz uma sensação auditiva desagradável e incômoda para o auditor, capaz de provocar fadiga em geral, perturbações psicológicas e, nalguns casos, traumas auditivos e alterações da acuidade auditiva. A resposta do ser humano a determinado estímulo sonoro depende não só das características da onda sonora emitida, mas também das características individuais de cada indivíduo e do contexto social e cultural em que este se insere. Assim, a forma como o homem percebe e reage a determinado ruído é condicionado pelo seu quadro de personalidade, pela sua vivência e pelo estado físico, psíquico e sociológico em que se encontra quando o estímulo o atinge. No esquema da figura 25 representam-se estas interações.

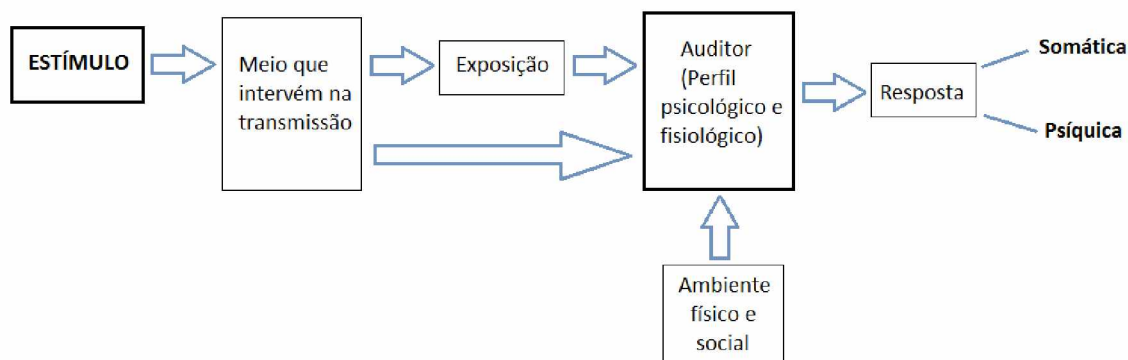


Figura 25 – Mecanismos de afetação do auditor por um dado estímulo [Adaptado de Silva, 1980].

À medida que a intensidade do ruído aumenta maiores são os seus efeitos nocivos sobre a saúde, os efeitos (médios) alastram-se ao campo das atitudes e do comportamento até atingir o domínio da fisiologia (trauma). Assim, as alterações vegetativas em geral e sobre o sono podem verificar-se numa gama de 40 a 90 dB, enquanto estímulos sonoros acima dos 90 dB podem provocar dor intensa e danos irreversíveis na audição. O limiar da afetação pode situar-se abaixo dos 40 dB, no que se refere a alterações nos sentimentos e atitudes.

De uma forma geral, os efeitos do ruído sobre homem podem englobar-se nas seguintes categorias:

- Perturbação da audição;
- Perturbações fisiológicas diversas;
- Alterações de sono;
- Perturbação das atividades;
- Interferência na comunicação oral;
- Incomodidade.

3.1.1 Efeitos fisiológicos auditivos

A idade é um dos fatores que potencia a perda auditiva, verificando-se que esta é mais propensa no homem do que na mulher. A este declínio da faculdade auditiva, normal com a idade, dá-se o nome de presbiacusia, podendo atribuir-se a causas fisiológicas e à exposição a ruídos mais ou menos intensos ao longo da vida. Na perda global de audição pode distinguir-se um misto de envelhecimento e <<socioacústica>>, termo criado para designar o resultado, nefasto para os órgãos da audição, da exposição ao ruído a que quase todos os membros da sociedade atual estão sujeitos (Silva, 1980).

O problema assume maior impacto para indivíduos a trabalhar diariamente em locais com níveis de ruído bastante elevados. De acordo com Palmer (2002), em meio laboral fabril é comum encontrar locais de trabalho com exposição ao ruído, sendo que a exposição a esta variável por parte dos trabalhadores aumenta significativamente o risco de contraírem doenças no aparelho auditivo.

Quando a perda da acuidade auditiva deriva da exposição ao ruído excessivo e continuado no local de trabalho, é considerada como doença profissional⁹, havendo o direito legal de compensação ao trabalhador, que por consequência desta exposição, sofreu uma redução da sua capacidade sensorial. A surdez profissional é passível de várias formas de compensação, incluindo a compensação monetária a partir dos 35 dB.

As alterações do limiar da audição podem ser temporárias e reversíveis, quando a audição retoma ao seu estado normal nas 16 horas a seguir ao episódio acústico, ou podem ser permanentes, originando lesões irreversíveis das células ciliadas, responsáveis pela tradução das vibrações sonoras em estímulos que serão posteriormente interpretados pelo cérebro.

Quando um indivíduo fica exposto a uma excitação sonora intensa ou prolongada haverá fadiga auditiva, uma vez que o ouvido foi sujeito a um estímulo que ultrapassou a sua resposta normal. Nestas circunstâncias, o órgão auditivo precisa de um determinado período de tempo (que varia de acordo com o grau de fadiga de que foi vítima) para recuperar e restabelecer o seu equilíbrio normal. Quando é dado este tempo as alterações do limiar da audição são, regra geral, temporárias e reversíveis.

Note-se que se o ouvido é exposto a ruído intenso durante um período de tempo considerável e de forma continuada, como é o caso dos trabalhadores da indústria têxtil e metalúrgica, este não tem tempo de recuperar o seu equilíbrio, podendo originar perdas auditivas graves e irreversíveis. Assim, a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) ocorre pela exposição repetida a níveis de ruído elevados, desde que o nível de intensidade assuma valores e tempos suficientes para a induzir em função da frequência de emissão (Thorne, et al., 2008, Levark, et al., 2008). Nestes moldes, a perda auditiva não é repentina e desenvolve-se gradualmente, tornando-se difícil de detetar nos estados iniciais menos graves.

De acordo com a Norma Portuguesa NP 1733:1981, o risco de perda auditiva é obtido através da análise de dados estatísticos, fazendo a diferença entre a percentagem de pessoas que apresentam diminuição da sua capacidade auditiva num grupo exposto ao ruído, e a percentagem num grupo não exposto mas em todos os outros aspetos em

⁹ Em Portugal é considerada como tal desde 1973 e, em Espanha, desde o início da década de sessenta.

condições equivalentes. Considera-se que a audição foi afetada quando o desvio do limiar auditivo ultrapassa 25 dB para as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, relativamente ao zero audiométrico obtido pela norma ISO 389:1975. Na tabela 4 apresenta-se o risco de perda auditiva existente, em função dos anos de exposição e do nível sonoro equivalente.

Nível Sonoro Contínuo Equivalente (dB(A))	Anos de Exposição									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	10	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	3	29	23
100	0	12	9	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47

Tabela 4 - Perda de audição com o tempo de exposição (segundo a norma portuguesa NP 1733).

Em jovens os seres humanos conseguem distinguir sons entre os 18 e os 20000 Hz, apesar das frequências mais importantes serem entre os 500 os 2000 Hz, por abrangerem a gama da conversação possibilitando o relacionamento social, daí que a perda auditiva nestas frequências seja a mais incapacitante.

A extensão da fadiga auditiva provocada pelo ruído industrial inicia-se principalmente a frequências ainda pouco incapacitantes, superiores à perceção da palavra, podendo estender-se a todo o espectro sonoro. Esta fadiga aparece entre as frequências de 1000 Hz e 5000 Hz, com o máximo na frequência de 4000 Hz, como se pode observar nos audiogramas característicos do traumatismo sonoro. Este facto dá a oportunidade de detetar, ainda em fase inicial e não incapacitante, os mais suscetíveis a desenvolver surdez, através da realização de audiometrias periódicas.

Em muitos casos a fadiga auditiva é acompanhada de diplacusia, ou seja, um som com a mesma frequência pode ser percecionado por cada ouvido de forma completamente distinta, havendo uma avaliação errada da altura dos sons. Quando existe uma exposição a níveis sonoros superiores aos que dão origem à fadiga, pode ocorrer traumatismo sonoro.

É importante não confundir fadiga auditiva e traumatismo sonoro, pois são fenómenos distintos. A fadiga é um fenómeno fisiológico e reversível, enquanto o traumatismo sonoro consiste numa lesão auditiva irreversível de carácter patológico.

Os traumatismos sonoros podem ainda dividir-se em agudos e crónicos. Os traumatismos agudos são geralmente provocado por episódios acústicos muito intensos e de curta duração, como por exemplo o ruído típico de uma explosão. A ocorrência deste tipo de lesões é bastante variável de acordo com a suscetibilidade individual, a existência ou não de qualquer patologia auditiva antes do acontecimento, e ainda a posição do indivíduo em relação à fonte emissora do estímulo traumático. Os traumatismos agudos crónicos são, regra geral, causados pela exposição reiterada aos ruídos ambientais intensos existentes na atividade laboral, considerando-se assim surdez profissional.

O estabelecimento progressivo da surdez por traumatismo crónico divide-se em 4 períodos. No primeiro período o indivíduo lesado sofre choque psíquico e físico, sente mal-estar e ouve zumbidos (tinnitus) principalmente nos primeiros dias, chegando a ter a sensação de que ainda se encontra no ambiente ruidoso após terminar a atividade. Apercebe-se que não consegue ouvir os sons da mesma forma a que estava habituado e tem a impressão que os ouvidos estão tapados. Contudo, quando os ouvidos e os centros nervosos se adaptam a esta nova condição estes sintomas atenuam-se. Na figura 26, apresenta-se o audiograma característico do primeiro período do traumatismo sonoro. Neste observa-se que existe uma baixa de audição sobretudo na frequência de 4000 Hz.

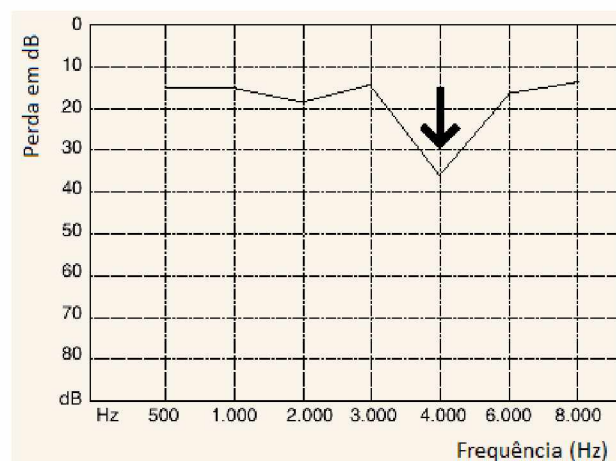


Figura 26 – Audiograma do caráterístico do primeiro período do traumatismo sonoro [15].

No segundo período do traumatismo sonoro verifica-se uma progressão muito lenta da surdez, que se pode estender durante vários meses ou até mesmo muitos anos. Neste ponto o indivíduo lesado habitua-se à sua hipoacusia e deixa de notar os seus efeitos. No audiograma típico deste período (figura 27) verifica-se que a frequência de 4000 Hz continua a ser a mais afetada, com um déficit de aproximadamente 50 dB, estendendo-se às frequências vizinhas. Neste ponto as frequências usuais típicas na comunicação verbal ainda não são muito afetadas.

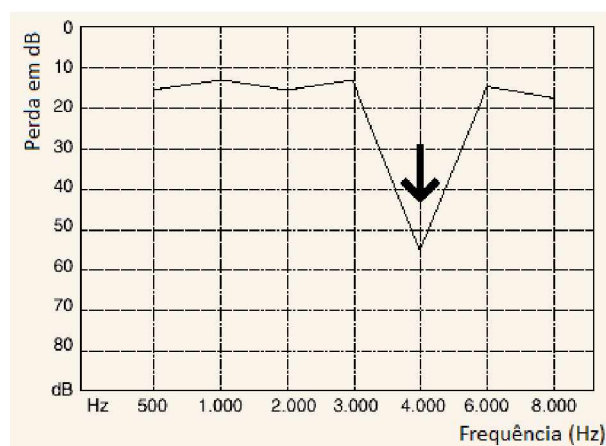


Figura 27 – Audiograma caraterístico do segundo período do traumatismo sonoro [15].

No terceiro período do traumatismo sonoro o indivíduo lesado verifica uma alteração da sintomatologia, uma vez que começa a sentir alguma dificuldade em ouvir certos sons. O audiograma característico deste período (figura 28) revela uma diminuição auditiva ainda mais profunda para a frequência de 4000 Hz, estendendo-se de forma mais vincada às frequências vizinhas.

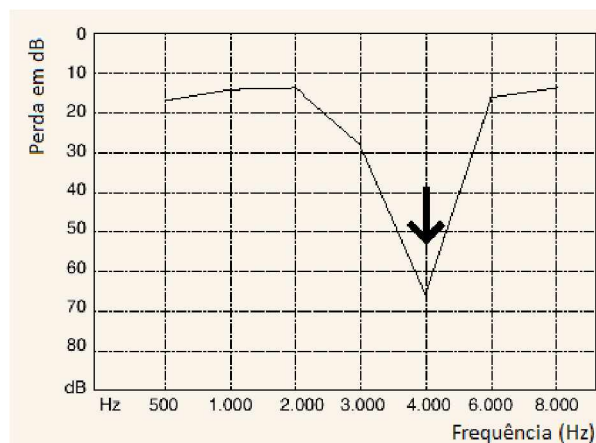


Figura 28 – Audiograma caraterístico do terceiro estágio do traumatismo sonoro [15].

Este período é geralmente o mais longo, podendo durar em média até aos 10 anos, sendo que muitas vezes não progride para o quarto e último período.

O quarto período marca a fase final da evolução lenta para a surdez. Nesta fase, o indivíduo já tem plena noção que está ensurdecido, tem dificuldade em ouvir a voz falada e queixa-se de zumbidos bastante incómodos. No audiograma característico desta fase (figura 29) verifica-se a existência de lesões que abrangem praticamente todas as frequências, sendo bastante acentuadas nos sons agudos.

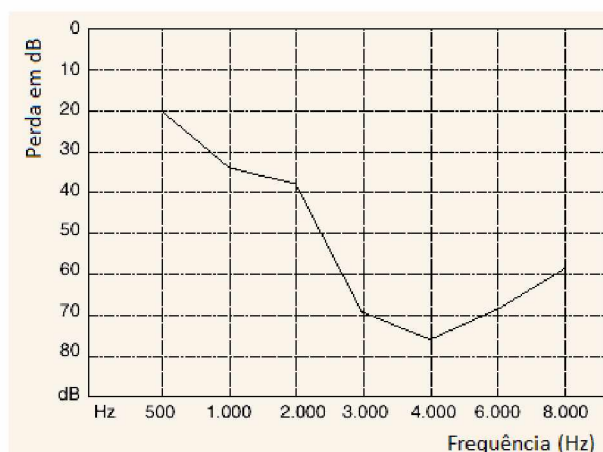


Figura 29 – Audiograma característico do quarto período do traumatismo sonoro [15].

De acordo com o referido, verifica-se que a exposição ao ruído industrial pode provocar PTS¹⁰ que se inicia geralmente na frequência de 4000 Hz. Tal deve-se ao facto de ser esta a faixa de frequência predominante nos espectros de ruído emitidos nas fábricas. Com o tempo este efeito tende a alastrar-se às restantes frequências, os sons começam a surgir distorcidos, uma vez que a curva de ponderação que serve de referência à nossa audição vai-se alterando, à medida que os cílios se vão quebrando, modificando a forma como o ouvido percebe os sons em frequência e conferindo por vezes uma tonalidade metálica aos mesmos, até que se torna impercetível o discurso (Roberts, et al., 2010).

Dados revelam que em 2010, cerca de 30 % dos trabalhadores na União Europeia estiveram expostos a níveis de ruído elevados por um período de pelo menos um quarto do seu tempo (Eurofound, 2010). A OSHA-Europa sublinha que os trabalhadores da indústria metálica são os mais expostos a níveis de ruído prejudiciais,

¹⁰ PTS – Permanent Thershold Shift – Mudança permanente no limiar auditivo.

havendo grande probabilidade dos mesmos virem a contrair doenças auditivas com o tempo.

Um estudo realizado em 2002, com uma amostra de 197 trabalhadores da indústria metalúrgica, concluiu que havia uma prevalência de PAIR em 21% dos trabalhadores, e que 7% apresentava outro tipo de doenças do foro auditivo. Os sintomas mais frequentes manifestados pelos trabalhadores foram a dificuldade de compreensão da fala (12%), hipoacusia (7%) e tonturas (12%) (Aráujo, 2002).

A entidade reguladora australiana da saúde e segurança disponibiliza alguns valores dos níveis de pressão sonora a que os trabalhadores da indústria metalúrgica estão expostos durante a sua atividade (tabela 5).

Ferramenta	Nível de Pressão Sonora (NPS)
BERBEQUIM PNEUMÁTICO	87-92 dB(A)
REBARBADORA	105 dB(A)
APARAFUSADORA PNEUMÁTICA	99-107 dB(A)
COMPRESSOR	85-88 dB(A)

Tabela 5 - Níveis de pressão sonora críticos detetados por equipamento [Departamento de trabalho, Saúde & Segurança, Estado de Queensland – Austrália (DEIR, 2010)].

De acordo a norma NP EN ISO 1733:1981, o risco de surdez permanente varia de acordo com a intensidade e o tempo de exposição. Em termos quantitativos, admite-se que um ruído é prejudicial ao homem quando apresenta um nível de pressão sonora de aproximadamente 70 dB(A), ainda que se admitam níveis até aos 85 dB(A) para um período diário laboral de 8 horas.

Os indivíduos atingidos pela surdez são afastados das experiências sonoras, ao ponto de se sentirem totalmente isolados. Do ponto de vista intelectual, ficam privados da modalidade primária no processo de inter-relações, o que lhes causa frustrações e insucessos em áreas sociais, ocupacionais e emocionais (Barbosa, 2009).

A Organização Mundial de Saúde: Prevention of noise-induced hearing loss (1997) afirma que a perda auditiva induzida pelo ruído é a doença profissional irreversível de maior prevalência nos vários países do mundo. Na União Europeia as estimativas apontam para uma taxa de pessoas afetadas com problemas auditivos superior à população total de França (Grupo de estudo SIHI – Universidade de Maastricht, 1999).

3.1.2 Efeitos fisiológicos

Contrariamente ao que se possa pensar, em termos fisiológicos, o ruído excessivo não afeta apenas o sistema auditivo, tal como descrito anteriormente, mas todo o organismo, alterando o funcionamento de diversos órgãos.

Sabe-se que a exposição ao ruído provoca alterações do sistema cardiovascular, nomeadamente o aumento da pressão arterial, vasoconstrição e a libertação de catecolamina e epinefrina (adrenalina) na corrente sanguínea, que desencadeiam situações de stresse. As alterações ao nível do sistema cardiovascular originam o aumento da pressão sanguínea (hipertensão) e da frequência cardíaca, podendo desencadear problemas nos níveis de colesterol e de glucose.

O ruído também contribui para distúrbios gastrointestinais, dores de cabeça, aumento da secreção e da mobilidade gástrica, diminuição da resistência elétrica da pele e da temperatura corporal, redução do nível de triglicerídeos, tensão muscular e alterações no aparelho auditivo, provocando vertigens e sensação de desequilíbrio.

Os zumbidos, também chamados de acufenos ou tinnitus, são outro dos efeitos do ruído, tal como já foi referido no ponto anterior. Adriano Dias et al. (2006) afirma que os zumbidos podem ser definidos como uma ilusão auditiva, isto é, uma sensação sonora não relacionada com uma fonte externa de estimulação. Tal significa que o zumbido é uma percepção auditiva fantasma, que pode ser notada apenas pelo acometido na maior parte dos casos, o que dificulta a sua mensuração padronizada.

O ruído, devido ao seu potencial excitante, pode causar dificuldades ao adormecer e afetar a qualidade do sono, perturbando as várias fases de adormecimento ao longo da noite. O organismo humano é capaz de recolher, avaliar e reagir a sons ambientais mesmo enquanto dorme. Desta forma, os efeitos do ruído no sono ocorrem mesmo com níveis baixos de ruído ambiente e nem sempre produzem acordares conscientes, afetando o padrão de sono (WHO, 2009). Assim, o seu impacto sobre a saúde pode não ser detetado pelas pessoas. De acordo com o guia de ruído noturno da WHO¹¹ (2009), mesmo a um nível baixo de ruído, de aproximadamente 33 dB(A), o organismo começa a reagir ao som intrusivo, havendo alterações das ondas cerebrais que

¹¹ WHO – Noise Health Organisation.

provocam mudanças nas fases de sono. A percentagem de despertar consciente aumenta significativamente a partir de níveis sonoros de 55 dB(A).

A diminuição da qualidade de sono induzida pelo ruído pode conjugar-se com outras causas perturbadoras, tais como o stresse, as condições ambientais ou outros fatores que reduzam o bem-estar, originando um sono pobre e insónias.

O ruído noturno responsável por distúrbios do sono também exerce efeitos posteriores no controlo dos processos gerais de resposta ao estímulo, originando um decréscimo na capacidade de concentração e performance no dia seguinte.

A APA¹² obriga as cidades e as grandes infraestruturas de transportes, tanto aéreas, como ferroviárias e rodoviárias a elaborar mapas estratégicos de ruído (MER), com o intuito de estudar os níveis de ruído existentes nos vários pontos e a forma como estes podem afetar as atividades da população. Segundo a APA, a informação dos mapas estratégicos de ruído revela que 12% da população residente em Portugal continental está exposta a níveis que induzem perturbações no sono, enquanto 17% está exposta a níveis associados a incomodidade moderada. Contudo é de salientar que estas estimativas estão incompletas uma vez que não foram entregues todos os mapas previstos, podendo haver um aumento dos valores apresentados. Os níveis aceitáveis de ruído noturno baseiam-se em valores recomendados pela OMS e são estipulados por normas europeias e pela lei nacional, no Regulamento Geral do Ruído.

3.1.3 Efeitos Psicológicos

Uma das consequências mais conhecidas provocadas pelo ruído é o comprometimento do bem-estar, da integridade psicológica e do desempenho cognitivo do indivíduo a ele exposto. Uma exposição prolongada ao ruído, mesmo a níveis sonoros mais baixos, pode originar irritabilidade em pessoas normalmente tensas e agravar estados de angústia em pessoas predispostas a depressões (Miguel, 2007). Segundo Bengtssona, os níveis sonoros de baixa frequência influenciam o desempenho dos profissionais em

¹² APA – Agência Portuguesa do Ambiente.

tarefas que requerem atenção, uma vez que provocam falta de concentração e sonolência.

Em condições de trabalho normais, os níveis de exposição ao ruído não são suficientemente altos para causar perdas auditivas, contudo podem afetar os trabalhadores em termos cognitivos, nomeadamente na capacidade de concentração, memorização e velocidade de reação, pelo que devem ser considerados como aspetos críticos no que respeita aos riscos ocupacionais. De acordo com Emmarker (2004), a exposição ao ruído em escolas, escritórios e outros ambientes tem consequências nefastas na atenção, na recordação e recuperação de informação, afetando a memória episódica e semântica. Normalmente estes efeitos surgem de forma gradual e despercebida, podendo afetar o desempenho social.

Assim, a atividade e desempenho mental é fortemente influenciada pelos níveis de ruído a que o indivíduo está exposto, condicionando os processos sensoriais, a percepção e atenção, a memória a curto e longo prazo, a aprendizagem e o controlo de atividades.

Estudos realizados demonstram que o ruído influencia negativamente a capacidade de concentração na realização de tarefas que exijam atenção, no desempenho de atividades de pesquisa e de memória com elevada memorização, na realização de tarefas de avaliação e na deteção de números repetitivos (Smith, 1991).

No que respeita aos efeitos do ruído na performance, estudos revelam que o ruído pode prejudicar o desempenho, mas os seus efeitos dependem da tarefa que se está a realizar e do tipo de ruído. Segundo Evans & Maxwell, o ruído pode melhorar o desempenho em atividades mais simples, mas é prejudicial na realização de tarefas mais complexas que requerem atenção contínua ou memorização.

Os estudos realizados por Bullinger et al. (1999) e Cohen et al. (1986) permitem concluir que a exposição prolongada ao ruído potencia a desmotivação dos trabalhadores, sendo que quanto maior for o tempo de exposição, maiores são os impactos negativos na motivação. Miedema (2007) saliente que durante o período laboral os trabalhadores nem sempre estão motivados para manter a atenção

necessária num ambiente ruidoso, o que pode levar à adoção de estratégias menos exigentes ou à diminuição do desempenho de forma a evitar a fadiga.

No relatório da OMS (1999) vêm descritos alguns dos efeitos observados em trabalhadores expostos ao ruído, dos quais são destacados a fadiga, nervosismo, reações de stresse, cansaço, falta de memória, irritação, ansiedade e problemas nas relações humanas.

Pelos aspetos evidenciados, verifica-se que nalgumas atividades o ruído pode pôr em causa a produtividade e a qualidade do produto (Miguel, 2007).

3.1.4 Outros efeitos

O mascaramento

Em diversos contextos o ruído pode funcionar como uma via de mascaramento do som, em que ambos se misturam, interferindo na comunicação verbal. O mascaramento do som ocorre quando uma série de sinais sonoros se sobrepõem, tornando o discurso impercetível pela dificuldade de o distinguir e separar. Assim, o processamento do discurso num ambiente ruidoso é mais exigente e limita a capacidade de compreensão (Sequeira, Specht, Härmäläinen e Hugdahl, 2008). Segundo Berglund e Schwela (1999), se o ruído ambiente exceder os 35 dB(A), a perceção do discurso já pode ser comprometido.

O mascaramento pode originar consequências em termos sociais, uma vez que a impossibilidade de compreensão pode levar as pessoas a abster-se do discurso ou a fazê-lo através de mensagens simplificadas.

O ruído e os acidentes

Em meio ocupacional o ruído pode tornar-se numa potencial fonte de risco, motivando situações que podem comprometer a segurança dos trabalhadores ou até mesmo a ocorrência de acidentes de trabalho, uma vez que interfere com a comunicação e a

concentração. Os elevados níveis de ruído detetados nalguns postos de trabalho dificultam a audição, a comunicação entre trabalhadores e a adequada compressão de instruções ou sinais de alerta e perigo (mascaramento do som), aumentando assim a probabilidade de ocorrência de erros e acidentes de trabalho. Este problema é ainda agravado pelos níveis de distração, stresse e ansiedade que muitas das vezes são causados pelo ambiente ruidoso em que o trabalhador está inserido.

Durante a década de 70, a literatura internacional especializada menciona que trabalhadores expostos ao ruído ocupacional intenso apresentavam um risco duas a três vezes maior de acidente comparados a trabalhadores não expostos (Melamed, et al. 2004).

A utilização de protetores auriculares neste tipo de ambiente ruidoso é de extrema importância para a saúde, contudo a sua utilização também pode ser uma fonte de risco ao impedir o trabalhador de ouvir instruções verbais e avisos acústicos de alerta. Devido a esta problemática estão em curso vários projetos com o intuito de conceber um método de previsão da inteligibilidade da fala e da perceção de sinais acústicos durante a utilização de protetores auriculares.

Ruído e produtos químicos

Algumas substâncias perigosas utilizadas na tipografia, pintura, construção naval, construção civil, indústria transformadora, indústria química, fabrico de artigos de couro e mobiliário, agricultura e indústria mineira, são ototóxicas, ou seja, são <<venenosas para os ouvidos>> quando combinadas com o ruído. Está provado que os trabalhadores expostos a estas substâncias e a ruído forte correm mais riscos de vir a desenvolver problemas auditivos do que os trabalhadores expostos ao ruído ou a estas substâncias separadamente. Das substâncias ototóxicas conhecidas fazem parte alguns solventes, medicamentos, metais e substâncias asfixiantes.

Ruído e trabalhadoras grávidas

Resultados de experiências realizadas evidenciam que a exposição prolongada de uma trabalhadora grávida a níveis de ruído elevados durante a gravidez pode afetar a

audição do feto, sendo que as baixas frequências são potencialmente mais perigosas. Tal é consequência das alterações verificadas no organismo da mulher grávida induzidas pela exposição continuada ao ruído durante o período de trabalho, como por exemplo o aumento da tensão arterial e do cansaço. Assim, é essencial que a entidade empregadora avalie a natureza, o grau e a duração da exposição das trabalhadoras grávidas ao ruído, de forma a adaptar as condições de trabalho sempre que exista risco para a gravidez. É de frisar que a utilização de equipamentos de proteção individual por parte da mãe não protege o feto dos riscos físicos.

Os níveis máximos de ruído recomendados pela Organização Mundial da Saúde, passíveis de causar danos no organismo, para os vários ambientes de convivência humana estão descritos na tabela 6.

Locais	Nível de ruído Limite – dB(A)
Interferência na comunicação – torna difícil a conversa entre duas pessoas, ou dificulta falar no telefone, ou ouvir rádio ou televisão.	50
Risco de perda auditiva – a pessoa exposta pode contrair perda de audição induzida por ruído para exposições de 8 horas diárias.	75
Perturbação do sono – a pessoa não relaxa totalmente durante o sono, não atingindo os estágios mais profundos do sono e reduzindo o tempo.	30
Estresse leve com excitação do sistema nervoso e produção de desconforto acústico.	55
Perda da concentração e do rendimento em tarefas que exijam capacidade de cálculo.	60
Escolas – no interior das salas de aulas.	30
Hospitais – em quartos e apartamentos.	35
<i>Dados obtidos de Bergund e Lindvall (1995) e Bergund, Lindval, Schwela (1999).</i>	

Tabela 6 – Níveis máximos de ruído recomendados pela OMS.

A OMS estipulou ainda que o limiar de incómodo para o ruído contínuo é nos 50 dB. No período noturno, os níveis sonoros devem situar-se entre os 5 e os 10 dB abaixo dos valores diurnos, para garantir um ambiente sonoro equilibrado.

3.1.5 Estudos realizados

Segundo a OMS, “Em muitos países, a perda de audição provocada pelo excesso de ruído é a mais prevalente e irreversível doença industrial” (1997). O ruído é um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, o que se deve ao aumento de indústrias e estabelecimentos comerciais, de atividades de lazer ruidosas, do tráfego (ex. automóveis, motocicletas, aviões, veículos pesados de passageiros e mercadorias) e de obras de construção civil (ex. betoneiras, escavadoras, martelo pneumático).

A Direção Geral de Saúde (DGS), no Programa Nacional de Saúde Ocupacional (2013-2017), (PNSOC) frisa que a saúde, a segurança e o bem-estar dos trabalhadores são condições essenciais ao “desenvolvimento socioeconómico equitativo e sustentável de qualquer país”.

A saúde ocupacional privilegia a “prevenção primária dos fatores de risco profissionais” e o “desenvolvimento dum ambiente de trabalho saudável”. Esta ganha grande importância, visto os trabalhadores representarem metade da população mundial e serem os principais contribuintes e intervenientes do desenvolvimento económico e social. Um ambiente de trabalho saudável fomenta a existência de um maior número de trabalhadores saudáveis, mais motivados e mais realizados nas suas tarefas, o que leva ao aumento da produtividade e qualidade de bens e serviços, melhorando dessa forma, a qualidade de vida dos indivíduos e da sociedade, contribuindo para a diminuição do absentismo.

No contexto nacional, a DGS reafirma e reforça, a necessidade de continuar a prestar importância e prioridade ao tema da Saúde Ocupacional, para que este não seja esquecido, nem deixado para segundo plano, mesmo em tempos de restrição financeira.

Daí a necessidade da realização de estudos que vêm comprovar que se devem adotar medidas preventivas para evitar esta situação.

Assim, citado em Almeida et al. (2000), os primeiros estudos científicos publicados surgem em 1890 com Habermann que descreveu os achados anátomo-patológicos detetados na cóclea e nervo coclear de caldeireiros.

Em 1928 Fowler, iniciou investigações com a utilização do audiômetro, dos seus estudos surgiu a Tabela de Fowler.

Bunch em 1937 realiza um estudo em que define as características das perdas auditivas causadas pelo ruído em trabalhadores. Conclui, referindo a necessidade da realização de outros estudos para que os trabalhadores lesados possam ter apoio justo e legal. Este estudo suscitou inquietação dos meios científicos, jurídicos e sindicais da época, nos Estados Unidos, em relação à prevenção da doença.

Em 1947 a American Medical Association (Council on Physical Medicine and Rehabilitation) determina os princípios de avaliação das perdas auditivas, atribui percentagens de importância às frequências 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz e 4000 Hz com 15%, 30%, 40% e 15% respectivamente, para o cálculo da incapacidade auditiva, tendo em consideração o comprometimento social que daí advém.

Em 1951, Almeida após a realização de um estudo nos escritórios do Caminho de Ferro Sorocabana, refere não só as lesões auditivas que o ruído pode provocar, mas também, o stresse e relaciona este fator com o absentismo dos trabalhadores.

Mocellin em 1951 analisa o estado clínico auditivo de vários trabalhadores metalúrgicos expostos ao ruído. Testa o uso de algodão vaselinado no canal auditivo externo dos trabalhadores como medida preventiva, e ao fim de seis dias realiza novas audiometrias e constata que há melhorias nos limiares auditivos destes trabalhadores. Aposta na profilaxia do problema com o uso de protetores auriculares durante a jornada de trabalho, dá também importância à necessidade de criação de legislação específica de forma a consciencializar trabalhadores e empregadores.

Num estudo realizado em 1961 por Waal & Holland a 117 trabalhadores metalúrgicos, verificou-se que 107 trabalhadores apresentavam desvios de limiares de 15 dB ou mais nas frequências de 1000 Hz a 8000 Hz. Constataram que 69% dos desvios permanentes de limiar estavam concentrados entre 3000 Hz e 6000 Hz.

Ainda em 1961, Glorig, Ward, Nixon, realizaram um estudo retrospectivo no qual foi verificada a evolução dos limiares de perdas auditivas em pelo menos três décadas de

exposição ao ruído comparativamente a uma população de controle não exposta. Com este estudo constataram que à frequência de 4000 Hz, as perdas auditivas são mais marcadas nos primeiros cinco anos de exposição e são menos marcadas com o passar dos anos a estas frequências, no entanto quando o ruído ambiental atinge níveis de pressão maiores que 90 dB o processo é mais acelerado.

Taylor *et al.* em 1964 realizou um estudo em 251 trabalhadores que estiveram expostos a níveis de 99 a 102 dB. Verificou deterioração da acuidade auditiva nos primeiros 10 a 15 anos de exposição seguidos por um período de 10 anos no qual a lesão atribuída ao ruído é pouco significativa, no entanto entre 20 e 25 anos de exposição foram observadas degenerações dos limiares que atingem a frequência de 2000 Hz.

Marone em 1968 propõe o uso da Tabela de Fowler como critério de avaliação da perda incapacitante funcionalmente, após a realização de um estudo de revisão das disacusias ocupacionais, incluindo o trauma acústico ocupacional e a disacusia neurosensorial ocupacional por ruído. Este trabalho exerceu grande influência, pelo que as tabelas de Fowler foram utilizadas pelo Ministério do Trabalho nos Estados Unidos em 1978.

Em 1978 Pereira realiza um estudo epidemiológico em trabalhadores metalúrgicos, através do qual observa que 53,1% destes trabalhadores apresentam perdas auditivas e propõe uma classificação da lesão em conformidade com o nível dos limiares.

Environmental Health Criteria 12 - WHO (1980) reúne com estudiosos de todo o mundo para a discussão e publicação dos efeitos nocivos à saúde, do ruído ambiental e no local de trabalho. Conclui que o ruído é um grave problema de saúde pública, pelo que as comunidades devem ser alertadas e orientadas e os governos devem adotar legislação adequada visando minimizar esta situação.

Nos anos 80 surgem mais estudos de avaliação dos riscos do déficit auditivo causado pelo ruído e todos são conclusivos que grande percentagem dos expostos, revelam lesões reversíveis e irreversíveis consoante os valores a que foram expostos e o tempo de exposição. Onde se pode referenciar o estudo clínico de Cavalcanti, Rezende de Em

Em 1985, Almeida Butugan realiza um estudo em 123 trabalhadores de uma indústria metalúrgica com faixa etária entre 18 e 58 anos e tempo de exposição de 4 meses a 24 anos. A análise de resultados permitiu concluir que 66.66% dos trabalhadores apresentavam disacusia sensorial neural ocupacional por ruído e que 72 (47,05%) tinham queixa clínica de tinnitus (zumbido no ouvido).

Ainda em 1985, Almeida estuda um caso de lesão auditiva de um trabalhador e estabelece a relação entre o ambiente ruidoso e a surdez, e entre a intensidade do ruído e a lesão. Conclui que com a utilização do método de Fowler, a avaliação do déficit auditivo é pouco significativo, propondo o controle audiométrico mesmo após a interrupção da exposição. Alerta que a existência temporária de limiares pode representar um sinal precoce da suscetibilidade individual de exposição ao ambiente ruidoso.

Já na década de 90, Conraux (1990), define a disacusia causada pelo ruído ocupacional como "surdez de percepção, bilateral, sensivelmente simétrica embora discreta assimetria possa ser encontrada" e que atinge preferencialmente os 4000 Hz, podendo estender-se a outras frequências. Considera que a comunicação estará afetada quando a média aritmética dos limiares atingirem mais de 35 dB entre as frequências de 500 Hz a 4000 Hz. Realça a irreversibilidade desta situação e destaca a importância da sua profilaxia, recomendando a realização de audiometrias semestrais como meio de controle.

Ainda em 1990, Talbott *et al.*, estudam os limiares auditivos de 245 metalúrgicos aposentados de Pittsburgh, com idade entre 56-68, anos e com mais de 30 anos de exposição a ambientes ruidosos com níveis superiores a 89 dBA. Os resultados mostram que 52% dos mais jovens, até aos 62 anos de idade, apresentam perda auditiva classificada como severa, ou seja > 65 dB(A) nas frequências de 3000 Hz, 4000 Hz e 6000 Hz enquanto nos mais velhos, com idades superior a 62 anos aumenta para 67%. Os testes monossilábicos realizados a estes trabalhadores em áreas silenciosas foram normais em quase 100% da amostra, no entanto, os mesmos testes realizados com ruído de fundo, revelam que os índices pioram em cerca de 20%. Os autores do

estudo não fazem comparações com os padrões audiométricos normais para as respetivas faixas etárias.

Hoje em dia, o ruído continua a ser um tema preocupante e alvo de análise, pois mesmo estando cientes de todos os danos que este pode causar à saúde das populações e dos trabalhadores a ele exposto, ainda temos muito caminho a percorrer. Embora haja legislação específica, o meio urbano mantém níveis de ruído elevados e os trabalhadores continuam expostos diariamente a níveis de ruído prejudiciais para a sua saúde, o que se comprova através dos estudos realizados mais recentemente.

Com base em dados estatísticos referentes aos anos de 1998, 2000 e 2001, Arezes et al. em 2002, mostra que em Portugal o número de trabalhadores expostos ao ruído ocupacional representava cerca de 24,9% da população empregada nas indústrias metalúrgicas de base e de produtos metálicos

Um estudo publicado pela OSHA, Noise in figures, mostra a exposição dos trabalhadores ao ruído entre 1900 e 2000. Através da aplicação de um questionário verificou-se que entre um quarto a um terço do total da força laboral da Europa dos 15, está exposta a ruídos excessivos durante um quarto do período de trabalho, o que se pode observar na figura 30.



Figura 30 – Trabalhadores expostos ao ruído na Europa dos 15 (OSHA – Europa 2005).

Pode-se também constatar que 21 a 35% dos trabalhadores em causa têm de elevar a voz para serem ouvidos e que 8 a 15% estão expostos a níveis de ruído que impedem a comunicação (OSHA-Europa, 2005).

Segundo a European Foudation for the Improvement of Living and Working Conditions, a exposição ao ruído ocupacional é a terceira maior causa de queixa dos trabalhadores dos dez mais recentes estados membros da união europeia, como se pode constatar na Figura 31.

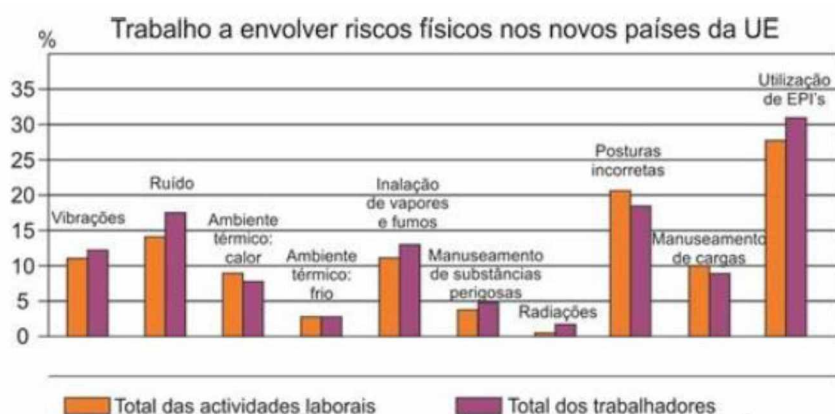


Figura 31 – Trabalho envolvendo riscos físicos nos novos estados membros da UE (OSHA – Europa 2005).

O mesmo estudo da OSHA utilizou dados recolhidos em doze estados membros especificando os diversos setores de atividade para comparar o grau de exposição ao nível de pressão sonora em dB. Onde se destacam a construção civil, o setor florestal, a metalomecânica, as madeiras e a indústria extrativa dentro dos setores de atividades que apresentam maior risco de PAIR, o que se pode verificar na figura 32.

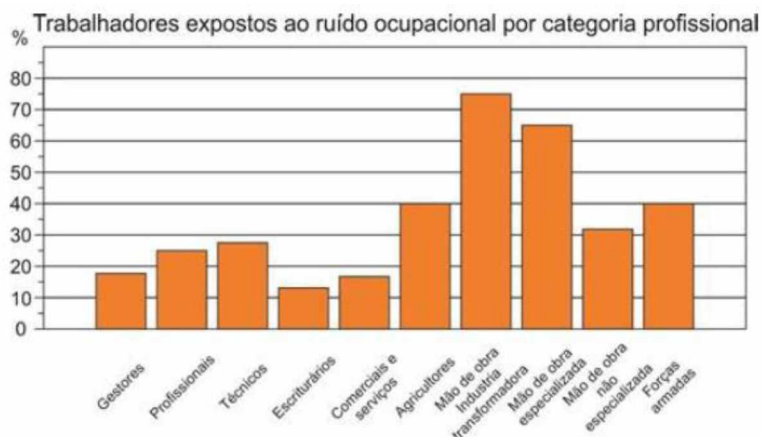


Figura 32 – Trabalhadores expostos ao ruído por categoria profissional (OSHA – Europa 2005).

Assim, Nelson, et al em 2005, afirma que em todo o mundo, as perdas auditivas devido à exposição ao ruído ocupacional são cerca de 16%, apresentando uma maior incidência nos países subdesenvolvidos.

Em 2007 foi realizado um estudo na indústria metalúrgica, de madeiras e de mármore com níveis de ruído acima de 85 dB, que teve como objetivo avaliar a influência do espectro de ruído na prevalência de perda auditiva induzida por ruído e zumbido nos trabalhadores. Foram realizadas 192 avaliações do limiar auditivo precedidas de anamnese ocupacional, observou-se que 45,8% apresentam sensação de zumbido, sendo que 34,1% afirmam sentir essa sensação frequentemente e 65,9% percebem o zumbido raramente. Em relação à PAIR observou-se que 49,0% dos resultados audiométricos apresentam entalhe em frequências agudas no audiograma convencional.

Mohammadi, em 2008, realizou um estudo no estado do Tennessee através do qual se verificou que os trabalhadores da maioria das empresas metalomecânicas estavam expostos a níveis perigosos de pressão sonora durante a sua atividade.

Em 2009 realizou-se um estudo, com o objetivo de investigar a prevalência de perda auditiva ocupacional, numa amostra de 400 trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora acima de 85 dB. Obteve-se como resultado que o tempo de exposição e a intensidade do ruído influenciam o aumento da perda auditiva bilateral, pelo que, se deve desenvolver um trabalho intensivo de promoção da saúde auditiva e/ou prevenção de perdas auditivas, bem como a correta utilização dos equipamentos de proteção individual.

Ainda no ano de 2009, foi realizado um estudo retrospectivo clínico que teve como objetivo: verificar a ocorrência de perda auditiva em trabalhadores expostos a ruído industrial durante cinco anos. Foi feito um estudo audiométrico de fevereiro a abril de 2009, a 50 trabalhadores de uma indústria metalúrgica, concluindo-se que 72% dos trabalhadores apresentaram limiares auditivos normais; 16% apresentaram perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados e 12% sugestivos de outras doenças.

Mas não é só na indústria que o ruído causa danos, também acontece na saúde e noutros setores. O silêncio deveria ser uma prioridade nos hospitais, no entanto o que se observa é exatamente o contrário, o que constitui um risco à recuperação dos doentes e ao desempenho e saúde dos profissionais. Neste sentido, também nesta área há referência a vários estudos, nomeadamente um estudo qualitativo realizado em 2012, a 40 enfermeiros de duas unidades de cuidados intensivos da região de Lisboa, que através da aplicação de um questionário utilizado como instrumento de recolha de dados, procurou identificar se haveria impacto na qualidade de vida dos enfermeiros devido ao ruído que vivenciavam no seu local de trabalho. A totalidade dos inquiridos considera haver ruído no seu local de trabalho, 64,1% argumenta que a presença desse mesmo ruído é excessiva, e interfere na sua saúde e bem-estar com repercussões a nível da sua qualidade de vida. É de salientar que mais de metade dos indivíduos (61,6%) referiu sonhar com alarmes e ficar mais stressado/irritado com a presença do ruído.

Neste sentido torna-se urgente a tomada de medidas que visem a prevenção destes riscos, nomeadamente a aposta na formação e sensibilização dos empregadores e trabalhadores para o uso de medidas de proteção.

CAPÍTULO IV

SEGURANÇA E SAÚDE: RUÍDO

4.1 ENQUADRAMENTO LEGAL E NORMATIVO

O regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, estabelece no artigo 5º, relativo aos princípios gerais e sistema de prevenção de riscos profissionais, no seu ponto nº 1 que o trabalhador tem direito à prestação de trabalho em condições que respeitem a sua segurança e a sua saúde, asseguradas pelo empregador ou, nas situações identificadas na lei, pela pessoa, individual ou coletiva, que detenha a gestão das instalações em que a atividade é desenvolvida. Ainda no mesmo artigo, é estabelecido no ponto nº 3 que a prevenção dos riscos profissionais deve assentar numa correta e permanente avaliação de riscos, sendo este um direito fundamental dos trabalhadores. Uma avaliação adequada dos riscos a que os trabalhadores podem estar expostos durante a sua atividade laboral, permitirá identificar os perigos, e assim estabelecer estratégias capazes de os eliminar ou, se tal não for possível, de os prevenir.

Dados do Centro Nacional de Proteção Contra Riscos Profissionais referentes ao ano de 2004, revelam que mais de 500 portugueses ficaram surdos total ou parcialmente devido à exposição ao ruído no local de trabalho. Segundo estes dados, a surdez parcial ou total ocupa o segundo lugar na lista de doenças profissionais mais frequentes. Em 2004 foram certificadas 557 situações (17% do total), enquanto em 2003 tinham sido 651, sendo que grande parte dos portugueses afetados foram do

sexo masculino, com idades compreendidas entre os 55 e 59 anos, a maioria (70%) trabalhadores na indústria transformadora.

Atendendo ao número de trabalhadores, dos quais há registo, afetados por surdez parcial ou total derivada da sua atividade profissional, bem como todo o leque de efeitos e riscos resultantes da exposição ao ruído, aos quais se faz reverência no capítulo III, é de extrema importância a existência de legislação própria sobre esta temática, bem como a sua aplicação e fiscalização de forma intransigente.

4.1.1 Evolução Legislativa

A exposição ocupacional ao ruído não é um risco exclusivo dos nossos tempos, textos que reportam há 2500 anos atrás, relatam casos de surdez nos trabalhadores que viviam próximo das cataratas do rio Nilo no antigo Egito. Contudo, foi com aparecimento da máquina a vapor, durante a revolução industrial, que se passou a tratar o ruído como fator de risco ocupacional (Arezes et. Al, 2002).

A legislação referente ao ruído ocupacional está intimamente ligada à própria legislação sobre as condições de trabalho em geral.

A primeira referência legislativa referente ao ruído surge na Portaria nº 53/71, de 3 de fevereiro, que aprova o Regulamento Geral de Segurança e Higiene do Trabalho nos estabelecimentos industriais, posteriormente alterado pela Portaria nº 702/80, de 22 de setembro. A exposição ao ruído ou a agentes físicos é ainda abordada no Decreto-Lei nº 347/93, de 1 de outubro, e na Portaria nº 987/93, de 6 de outubro, ambos relativos às prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho.

Os diplomas citados anteriormente são de grande importância para a melhoria das condições de trabalho, no entanto, a exposição ao ruído surge pela primeira vez, como elemento nuclear, no Decreto-Lei nº 251/87, de 24 de junho, que aprova o Regulamento Geral sobre o Ruído. Este decreto-lei marca o primeiro passo na legislação em matéria de exposição ao ruído. Em 1989 são alteradas algumas disposições deste regulamento através do Decreto-Lei nº 292/89, de 2 de setembro.

Embora estes dois últimos diplomas refiram a exposição ocupacional ao ruído, os aspetos de maior especificidade são remetidos para legislação própria, onde se inclui a exposição ao ruído nos locais de trabalho.

A Diretiva comunitária nº 86/188/CEE, de 12 de maio de 1986, é um marco importante em termos legislativos referentes ao ruído, uma vez que foi estabelecido o quadro geral de proteção dos trabalhadores contra os riscos devidos à exposição ao ruído durante o trabalho, esta transposta para a ordem jurídica interna pelo Decreto-Lei nº 72/92 e foi regulamentada pelo Decreto Regulamentar nº 9/92, ambos de 28 de abril. Sendo, os diplomas anteriores, em especial o decreto regulamentar bastante detalhados em termos de especificações técnicas, existem uma série de normas publicadas que especificam com pormenor e maior detalhe técnico alguns dos procedimentos previstos na legislação. Exemplos destas normas são a NP 1733 (1981), as NP 1730:1, 2 e 3 (1996), e todas as normas relacionadas com a proteção auditiva, como, por exemplo, as NP EN 352:1 (1996), NP EN 352:2 (1996), NP EN 352:3 (1997) e NP EN 458 (1996). O Decreto-Lei nº 292/2000, de 14 de novembro, aprova um novo Regulamento Geral sobre o Ruído, com uma nova designação, Regime Legal sobre a Poluição Sonora. Este último, tal como o seu antecessor, não refere aspetos particulares da exposição ocupacional ao ruído, remetendo estes para legislação especial.

A 6 de setembro, foi publicado o Decreto-Lei n.º 182/2006, atualmente em vigor, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2003/10/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de fevereiro, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído).

4.1.2 Legislação em vigor

Atualmente o diploma em vigor que estabelece as normas relativas ao ruído ocupacional é o Decreto-lei 182/2006 de 6 de setembro de 2006, neste são descritas

as prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devido ao ruído.

Este decreto-lei frisa que a surdez resultante de exposição a níveis elevados de ruído nos ambientes de trabalho representa cerca de um terço da totalidade das doenças profissionais, pelo que, a eliminação/redução do ruído excessivo é uma obrigação legal para empregadores e trabalhadores, pois quanto mais seguro e saudável for o local de trabalho menores serão as probabilidades de acidentes de trabalho, de diminuição de rendimento e de absentismo elevado.

As medidas de controlo e a vigilância adequada da saúde têm uma importância fundamental na prevenção dos riscos a que os trabalhadores estão sujeitos, daí que a avaliação dos riscos e a adoção de medidas destinadas a prevenir ou a controlá-los, bem como a formação e a participação dos trabalhadores sejam essenciais.

O Decreto-lei 182/2006 de 6 de setembro estabelece o valor limite de exposição e os valores de ação de exposição superior e inferior e determina as medidas a aplicar sempre que sejam atingidos ou ultrapassados esses valores. Esta legislação aplica-se a todas as atividades dos setores privado, cooperativo e social, da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

De acordo com a alínea b) do artigo 2º, a Exposição pessoal diária ao ruído, $L_{EX,8h}$, corresponde ao nível sonoro contínuo equivalente ponderado em dB(A), calculado para um período normal de trabalho diário de oito horas (T_0). Este cálculo abrange todos os ruídos presentes no local de trabalho, incluindo o ruído impulsivo, tendo em conta não só o efeito de dose como também os períodos de silêncio.

Assim, o nível de exposição diário ($L_{EX,8h}$) é calculado através da seguinte expressão:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T_e} + 10 \cdot \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right) [dB(A)] \quad (23)$$

Em que:

$$L_{Aq,T_e} = 10 \cdot \log \left\{ \frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \frac{[p_A(t)]^2}{(p_0)^2} dt \right\} \quad (24)$$

Sendo:

T_e a duração diária da exposição pessoal de um trabalhador ao ruído durante o trabalho;

T_0 a duração de referência de oito horas (28800 segundos);

$P_A(t)$ a pressão sonora instantânea ponderada A, expressa em Pascal (Pa), a que está exposto um trabalhador;

p_0 a pressão de referência, $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa.

De acordo com a alínea c) do artigo 2º, a Exposição pessoal diária efetiva ($L_{EX,8h,efect}$), corresponde à exposição pessoal diária ao ruído considerando a atenuação proporcionada pelos protetores auditivos, expressa em dB(A) e calcula-se através da expressão:

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{k=1}^{K=n} T_K 10^{(0,1 L_{Aeq,T_k,fect})} \right] [dB(A)] \quad (25)$$

Em que:

T_K é o tempo de exposição ao ruído k;

$L_{Aeq,T_k,fect}$ é o nível sonoro contínuo equivalente a que o trabalhador fica exposto equipado com protetores auditivos.

De acordo com a alínea d) do artigo 2º, a Média semanal dos valores diários da exposição pessoal ao ruído ($\bar{L}_{EX,8h}$), corresponde à média dos valores de exposição diários, com uma duração de referência de quarenta horas semanais, obtida através da seguinte expressão:

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{k=1}^m 10^{(0,1 L_{EX,8h})_k} \right] \quad (26)$$

Em que $(L_{EX,8h})_k$ representa os valores de $L_{EX,8h}$ para cada um dos m dias de trabalho da semana considerada.

De acordo com a alínea c) do artigo 2º, o Nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}), representa o valor máximo de pressão sonora instantânea em dB(C), dado pela seguinte expressão:

$$L_{Cpico} = 10 \log \left(\frac{p_{Cpico}}{p_0} \right)^2 \quad (27)$$

Em que p_{Cpico} é o valor máximo da pressão sonora instantânea, ponderada em C, a que o trabalhador está exposto, expresso em pascal.

De acordo com o artigo 2º e 3º do Decreto-Lei n.º 182/2006 de 6 de setembro, os Valores Limite de Exposição (VLE) e os Valores de Ação de Exposição (VAE) Superior e Inferior, no que se refere à exposição pessoal diária de um trabalhador e o Nível de Pressão Sonora de Pico, são fixados de acordo com a tabela 7.

VALORES LIMITE DE EXPOSIÇÃO (VLE)	
$L_{EX,8h}$	87 dB(A)
L_{Cpico}	140 dB (C)
VALORES DE ACÇÃO DE EXPOSIÇÃO (VAE) SUPERIORES	
$L_{EX,8h}$	85 dB(A)
L_{Cpico}	137 dB(C)
VALORES DE ACÇÃO DE EXPOSIÇÃO (VAE) INFERIORES	
$L_{EX,8h}$	80 dB(A)
L_{Cpico}	135 dB(C)

Tabela 7 – Valores de Exposição ao Ruído definidos no Decreto-Lei 182/2016.

Os Valores de ação superior e inferior são os níveis de exposição diária ou os níveis de pressão sonora de pico que em caso de ultrapassagem implicam a tomada de medidas preventivas adequadas à redução do risco para a segurança e saúde dos trabalhadores. Por outro lado, os Valores limite de exposição são os níveis de exposição diária ou nível de pressão de pico que não deve ser ultrapassado.

É importante referir que para a aplicação dos valores limite de exposição, na determinação da exposição efetiva do trabalhador ao ruído é tida em conta a atenuação do ruído proporcionada pelos protetores auditivos. No entanto para a aplicação dos valores de ação, não são tidos em conta os efeitos decorrentes da utilização dos mesmos.

Nos artigos 4º e 5º do decreto-lei, relativos à avaliação dos riscos, refere-se que nas atividades suscetíveis de apresentar riscos de exposição ao ruído, o empregador deve avaliar e, se necessário, medir os níveis de ruído a que os trabalhadores estão expostos. As medições do nível de ruído são da responsabilidade de entidades acreditadas (Entidade Acreditada pelo Instituto Português de Acreditação), de técnicos superiores de higiene e segurança do trabalho e de técnicos de higiene e segurança do trabalho titulares de certificado de aptidão profissional válido e com formação específica em métodos e instrumentos de medição do ruído no trabalho. Na determinação da exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) e do nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}), os instrumentos de medida a utilizar devem estar adaptados às condições existentes, procedendo-se à sua calibração no local com a utilização de um calibrador acústico, antes e depois das medições. O registo da medição dos níveis de ruído pode ser realizado em documentos conforme os modelos indicados no Anexo I deste trabalho, que fazem parte do decreto-lei.

Tendo em conta o ponto 2 do artigo 5º, a avaliação de riscos tem de ser atualizada sempre que hajam alterações significativas, tais como a criação ou modificação de postos de trabalho, ou no caso da vigilância da saúde demonstrar necessidade de uma nova avaliação. O ponto 3 do mesmo artigo indica que nos casos em que se atinja ou exceda o valor de ação superior, a periodicidade mínima de avaliação de riscos é de um ano.

De acordo com o ponto 3, do artigo 6º, as zonas de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos valores de ação superior devem estar devidamente sinalizados, delimitados e ser de acesso restrito, de acordo com a legislação aplicável à sinalização de segurança e saúde.

Pelo exposto no artigo 7º, nas situações em que o risco de exposição ao ruído não possa ser evitado por outros meios, o empregador deve disponibilizar equipamentos de proteção individual devidamente selecionados relativamente à atenuação que proporcionam e que obedeçam à legislação aplicável. Assim, quando for ultrapassado um dos valores de ação inferior, o empregador tem de colocar protetores auditivos à disposição dos trabalhadores. Por outro lado, sempre que o nível de ruído iguale ou

ultrapasse os valores de ação superior, o empregador tem de assegurar a sua utilização.

De acordo com o artigo 8º, nas situações em que sejam ultrapassados os valores limite de exposição ao ruído, o empregador deve tomar medidas imediatas para reduzir a exposição, identificar as causas e corrigir as medidas de proteção e prevenção de modo a evitar a ocorrência de situações, e assegurar que a exposição dos trabalhadores ao ruído durante o trabalho seja reduzida ao nível mais baixo possível.

O artigo 9º indica que o empregador é responsável por informar e formar os trabalhadores expostos a níveis de ruído iguais ou superiores aos valores de ação inferiores, bem como os seus representantes, em matéria dos riscos potenciais, da utilização dos protetores auditivos, de práticas seguras de trabalho, dos valores limite de exposição e dos valores de ação, dos resultados das medições de ruído executadas e das medidas de ação corretivas.

Pelo exposto no artigo 11º, o empregador deve assegurar uma vigilância adequada da saúde dos trabalhadores, com o objetivo de prevenir e diagnosticar precocemente qualquer perda auditiva resultante do ruído laboral. Assim, é da responsabilidade da entidade empregadora garantir ao trabalhador que tenha estado exposto a ruído acima dos valores de ação superior a verificação anual da função auditiva e a realização de exames audiométricos. Os trabalhadores expostos a ruído acima dos valores de ação inferiores devem realizar estes exames de dois em dois anos. Os audiómetros utilizados na realização dos referidos exames devem cumprir os requisitos da normalização em vigor e ser calibrados periodicamente.

Os trabalhadores devem ser devidamente informados relativamente aos resultados dos exames, e caso se detetem problemas auditivos, o empregador terá de rever as medidas adotadas ajustando-as ou atribuindo ao trabalhador lesado outras tarefas em que não haja risco de exposição.

Segundo o artigo 13º, o empregador deverá organizar e conservar: os resultados da avaliação de riscos, bem como os procedimentos e métodos utilizados; a identificação dos trabalhadores expostos ao ruído, com a indicação do posto de trabalho e do grau de exposição; os resultados da vigilância da saúde para cada trabalhador e a indicação

do médico responsável pela vigilância. Estes registos são confidenciais e devem ser arquivados e conservados durante, pelo menos, 30 anos após ter terminado a exposição dos trabalhadores a que digam respeito. Se a empresa cessar a atividade, os registos devem ser transferidos para o Centro Nacional de Proteção contra os Riscos Profissionais, que assegura a sua confidencialidade.

Segundo o artigo 15º, nas atividades em que existam grandes variações da exposição sonora de um dia para o outro, o empregador poderá com a devida autorização, utilizar a média semanal dos valores diários de exposição para avaliar o nível de ruído, desde que não seja excedido o valor limite de exposição de 87 dB(A) e sejam tomadas as medidas adequadas de redução de riscos.

Em determinadas situações de trabalho, a utilização correta dos protetores auditivos individuais pode causar maiores riscos para a saúde ou segurança, pelo que nestes casos, mediante requerimento fundamentado, a Inspeção-Geral do Trabalho poderá autorizar a sua não utilização.

Segundo o ponto 6 do anexo I, a exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) pode ser calculada para os n tipos de ruídos a que o trabalhador está exposto durante o período diário laboral, analisando-se cada um deles separadamente, através da expressão:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq, T_k})} \right] \quad (28)$$

Em que L_{Aeq} é o nível sonoro equivalente de um ruído, medido em dB(A), durante um intervalo de tempo T_k , correspondente ao tipo de ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_k horas por dia.

Pelo disposto no anexo II do decreto-lei, os instrumentos de medição utilizados devem medir o nível sonoro ponderado em frequência A e C e cumprir no mínimo, os requisitos equivalentes aos da classe de exatidão 2, de acordo com a normalização internacional. É preferível a utilização dos sonómetros de classe 1 em detrimento dos sonómetros de classe 2, por serem mais exatos nas medições efetuadas. Quando a pressão sonora apresenta grandes flutuações do nível sonoro ou quando existem

períodos de exposição irregulares, deve ser evitada a utilização de sonómetros não integradores.

Para a medição da exposição diária de cada trabalhador podem ser utilizados dosímetros, desde que permitam determinar os valores $L_{Aeq,T}$, $L_{EX,8h}$, L_{Cpico} e estejam calibrados segundo o critério ISO (ao duplicar a energia sonora recebida o valor de $L_{EX,8h}$ aumenta 3 dB(A)).

No anexo V, considera-se que um protetor auditivo proporciona a atenuação adequada, quando um trabalhador fica exposto a um nível de exposição pessoal diária efetiva inferior aos valores limite ou se possível abaixo dos valores de ação inferiores, ao utilizar corretamente os protetores auditivos. A seleção dos protetores auditivos deve ser realizada em função da atenuação por bandas de oitava, pelo que se deve medir o nível de pressão sonora contínuo equivalente $L_{Aeq,f,Tk}$, ponderado A, em cada banda de oitava, definindo-se assim o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_k horas por dia. Com este valor é possível determinar os níveis globais, em dB(A), por banda de oitava, L_{63} , $L_{125}, \dots, L_n, \dots, L_{8000}$, de acordo com a equação:

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2s_f \quad (29)$$

Em que s_f corresponde ao valor do desvio padrão da atenuação e M_f é o valor médio da atenuação dos protetores auditivos em cada banda de frequência, ambos indicados pelo fabricante.

Após a determinação dos níveis globais é possível calcular o nível contínuo equivalente ($L_{Aeq, Tk, effect}$), de cada ruído que ocorra durante o tempo T_k , estando o trabalhador equipado com protetores auditivos, utilizando a expressão:

$$L_{Aeq,Tk,effect} = 10 \log \sum_n 10^{0,1 L_n} \quad (30)$$

Aplicando o conjunto de valores obtidos, utiliza-se a expressão 25, para obter o valor da exposição diária efetiva, $L_{EX,8h,effect}$, em dB(A), a que cada trabalhador está exposto ao utilizar protetores auditivos.

O ponto 3, no anexo V, refere que nas situações em que o espectro do ruído não contenha componentes significativas de baixa frequência, podem ser utilizados os métodos de seleção dos protetores auditivos definidos na normalização aplicável, nomeadamente os métodos HML e SNR.

No caso da seleção dos protetores auditivos ser realizada utilizando o método por banda de oitava, os cálculos efetuados podem ser registados no quadro do Anexo II deste trabalho.

4.2 MEDIDAS DE REDUÇÃO DO RUÍDO

Os requisitos para a implementação dos sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho são estabelecidos pela norma portuguesa NP 4397: 2008, que define uma hierarquia sobre os riscos ocupacionais conforme esquema da figura 33.

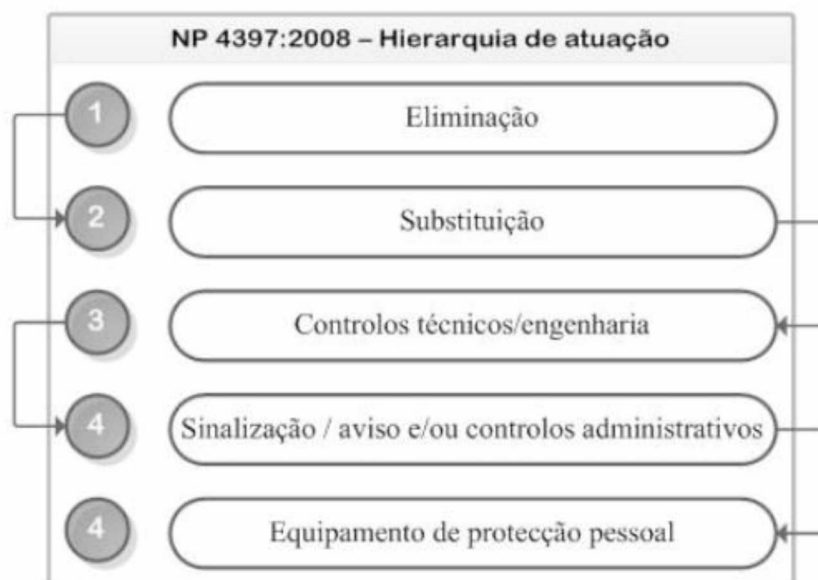


Figura 33 – Requisitos para a implementação dos sistemas de gestão de SHO¹³ [16].

¹³ SHO – Segurança e Higiene Ocupacionais.

De acordo com a figura, para a implementação dos Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde relativos à redução do ruído em meio laboral, é fundamental considerar o peso das medidas de correção a implementar, privilegiando-se o coletivo em detrimento do individual. Desta forma, só se deve recorrer a medidas de proteção individual em último recurso, nos casos em que não seja possível atuar sobre o risco de uma forma mais global.

4.2.1 Medidas de Proteção Coletiva

Medidas Construtivas

Na fase de projeto e conceção de espaços destinados a serviços que envolvam níveis de ruído elevados, como é o exemplo das atividades industriais, é essencial utilizar métodos e soluções construtivas que permitam minimizar ao máximo a propagação de ruído por via aérea e pela própria estrutura do edifício.

Nos espaços de trabalho em que o teto, as paredes e o pavimento são constituídos por materiais duros e densos, haverá reflexão do som emitido pelas várias fontes sonoras ao atingem estas superfícies. Assim, o ruído reverberado e refletido, proveniente de todas as outras fontes, torna-se mais intenso que o ruído direto das máquinas.

Estes fenómenos podem ser melhorados recorrendo a material fonoabsorvente ou fonorefletor nas paredes e tetos. A eficácia dos mesmos dependerá da sua capacidade de absorção sonora, de forma a impedir a reflexão do som que se sobrepõe ao ruído original, tornando-se persistente no tempo e formando espectros complexos por efeito de adição (Mateus, 2008). Para além da capacidade de absorção, é importante considerar a frequência crítica de vibração do material escolhido, para que esteja situada numa gama de frequências o mais baixa possível, tornando-se desprezável. Se a frequência natural de vibração dos materiais construtivos se encontrar numa zona mais próxima da frequência de emissão do ruído, a sua eficiência torna-se baixa ou nula (Almeida, et al., 2006).

Tal como referido no capítulo I deste trabalho, os materiais porosos têm uma boa capacidade de absorção sonora, pois quando as ondas sonoras incidem sobre eles dá-se um efeito de fricção que faz aumentar o atrito à passagem do ruído, convertendo a sua energia em calor.

O ambiente sonoro poderá melhorar significativamente com a adoção das seguintes medidas construtivas:

- Cobrir o teto com material absorvente acústico, por exemplo com painéis de lã de rocha ou de vidro, reduzindo-se o ruído refletido ou reverberado em 6 a 8 dB(A);
- Montar tetos e paredes de alto poder absorvente, como por exemplo uma camada de 100 mm de espessura recoberta de painéis perfurados, reduzindo o ruído reverberado em aproximadamente 10 dB.
- Nos postos de trabalho próximos de máquinas ruidosas, a configuração adequada do teto pode evitar a reflexão dos sons sobre os elementos de construção distantes. Assim, nos processos de difusão do som é o formato do teto que desempenha o papel mais importante, tal como se pode observar na figura 34.

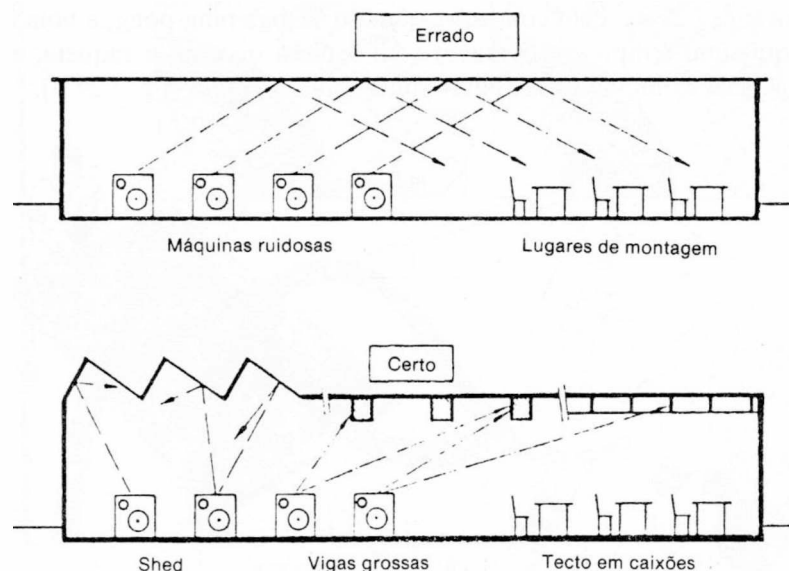


Figura 34 - Teto de superfície refletora difusa [Macedo,1988].

Para este efeito também se podem utilizar baffles em material fonoabsorvente montados acima dos postos de trabalho (figura 35).



Figura 35 - Utilização de baffles suspensos na cobertura [17].

Hoje em dia, uma das melhores formas de colmatar estes fenómenos é através utilização de painéis sandwich tanto na cobertura como nas paredes. Estes painéis, devido à sua constituição, revelam uma grande eficácia na atenuação do ruído, pois são formados na parte interna (voltada para o espaço interior) por material com densidade adequada para absorver as ondas sonoras, e na parte externa por material capaz de refletir a energia para o exterior do edifício.

Vários estudos têm sido realizados, no sentido de analisar quais as soluções construtivas mais adequados a este tipo de espaços, nos quais a atenuação do ruído é uma aspeto fundamental a considerar. Experiências realizadas por Sousa et al., (2004) em câmara reverberante permitiram verificar que paredes constituídas por blocos em barro expandido com uma configuração especial apresentam um índice de redução sonora de aproximadamente 50 dB entre duas divisões.

Por outro lado, Matosa et al., (2010) construíram uma parede dupla formada por tijolos ocos de 11 e 20 cm com cavidades de 4 cm, revestidas com 15 mm de cimento e uma capa de pintura. As cavidades foram preenchidas com lã de rocha de 70 Kg/m³, obtendo índices de redução sonora de 52 dB entre divisões durante os ensaios em câmara reverberante.

O ruído industrial propaga-se também pelo solo do edifício, pelo que interessa atuar de forma a atenuar este efeito. Neste sentido, Rodrigues et al. (2003) desenvolveram um pavimento flutuante formado por fibras naturais à base de casca de coco, conseguindo um melhoramento de 18 a 22 dB na atenuação de ruídos de impacto entre divisões.

Medidas de atuação sobre as fontes de ruído

O método de atuação mais eficaz no controlo do ruído passa pela seleção de máquinas e equipamentos de trabalho, isentos de ruído ou menos ruidosos. Contudo, na maioria das vezes, principalmente em indústrias já existentes, as empresas não têm capacidade financeira para substituir os seus equipamentos por outros mais sofisticados e menos ruidoso. No entanto, é possível através de várias estratégias, atuar sobre as fontes produtoras de ruído diminuindo-o.

Nalguns casos existe a possibilidade de substituir uma atividade muito ruidosa por outra equivalente mas menos ruidosa. Podem dar-se como exemplo: substituição de máquinas lentas e grandes por máquinas mais pequenas e rápidas; substituição de engrenagens metálicas por engrenagens plásticas; substituição da rebitagem pneumática por soldadura; diminuição da velocidade de rotação de ventiladores; utilização de silenciadores na saída de jatos de ar ou gases; utilização de materiais amortecedores de choques e vibrações (por exemplo: no revestimento de mesas metálicas); substituição e ajustamento de partes de equipamento soltas e desequilibradas e entre outros.

Quando o controlo do ruído diretamente na fonte não é possível, podem ser consideradas outras medidas que permitem o controlo da trajetória de propagação do som junto à fonte emissora, tais como:

Isolamento anti-vibrátil

Consiste na utilização de suportes, designados por anti-vibráteis, constituídos por materiais em borracha, cortiça ou resinas sintéticas, que permitem a diminuição da transmissão de vibrações produzidas pela máquina e consequentemente dos níveis de ruído.

Encapsulamento

Quando possível, pode proceder-se ao encapsulamento da fonte emissora de ruído, através da utilização de um bom isolamento (material denso e compacto) e uma boa absorção sonora (material poroso e pouco denso), tal como se observa na figura 36. Esta estratégia é extremamente eficaz quando projetada e executada adequadamente.

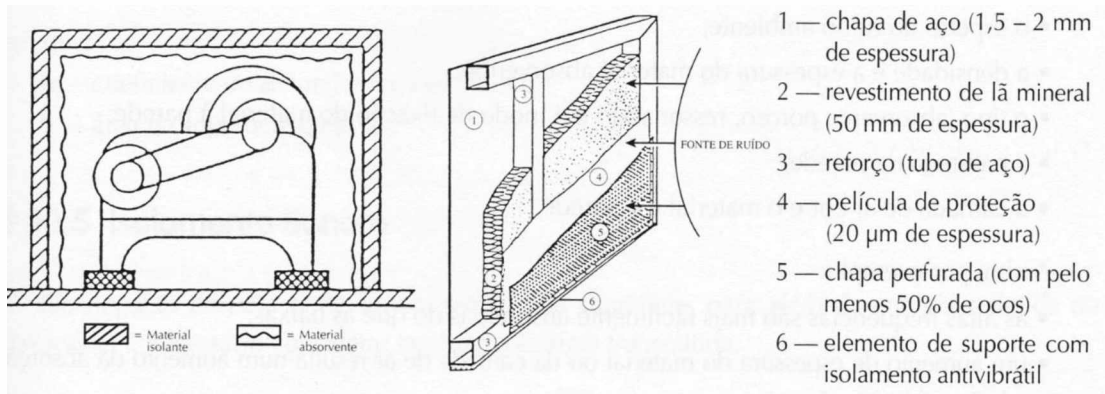


Figura 36 – Encapsulamento da fonte de ruído [Fonte: Miguel, 2012].

Painéis antirruído

Consiste na utilização de painéis divisórios, constituídos por material absorvente do lado em que se localiza a fonte sonora e por material isolante do lado contrário. Estes são colocados entre as fontes emissoras de ruído, auxiliando o controlo da propagação do ruído numa determinada direção.

Quando existem muitas fontes de ruído cuja proteção seja impossível ou difícil, podem instalar-se cabinas de forma a proteger os trabalhadores expostos ao ruído. O material constituinte das mesmas baseia-se nos mesmos princípios anteriormente enunciados, devendo evitar-se que as paredes apostas possuam grandes envidraçados, uma vez que podem originar ondas sonoras estacionárias.

Medidas Organizacionais

As medidas organizacionais passam por um conjunto de regras claras, estabelecidas pela entidade empregadora, que visem a segurança e saúde dos trabalhadores. As empresas devem mostrar preocupação em relação a este tema e participar ativamente

no processo de tornar as atividades laborais mais seguras, cativando e incentivando os trabalhadores a adotar as políticas de segurança implementadas no meio laboral por sua própria iniciativa.

Neste sentido, a eficácia das políticas de segurança, que têm como objetivo a eliminação ou minimização dos riscos, passa por o envolvimento de todos os intervenientes na empresa, construindo-se entre todos uma estratégia para tornar mais seguro o local de trabalho. Assim, são definidos o conjunto de ações a implementar, do qual fazem parte as políticas de prevenção e controlo, como por exemplo, o Plano de Conservação Auditiva (PCA), com o intuito de preservar a audição dos trabalhadores.

É essencial a educação e formação dos funcionários relativamente à variável em estudo, aos riscos inerentes ao universo de trabalho que os rodeia, às medidas de segurança e saúde implementadas e às consequências nefastas para a saúde, resultantes do seu não cumprimento. Esta abordagem por parte das organizações potencia um ambiente de trabalho mais eficaz contra o risco, uma vez que os trabalhadores ao serem informados e participarem na elaboração destas medidas ficam mais motivados e colocam-nas mais facilmente em prática.

Em ambientes ruidosos o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores os equipamentos de proteção auditiva, como medida de prevenção da saúde e segurança. Contudo estas medidas nem sempre são suficientes para resolver o problema da exposição ocupacional ao ruído, uma vez que o comportamento dos trabalhadores tende a ser passivo em relação à utilização do EPI, daí ser essencial uma boa organização na implementação de Programas de Conservação Auditiva. Devem ainda ser adotadas medidas, no sentido de diminuir o tempo de exposição dos trabalhadores ao ruído, através da rotatividade das tarefas e de um maior número de períodos de pausa. A vigilância médica e audiométrica periódica da função auditiva dos trabalhadores expostos também é de grande importância.

Segundo Arezes et al., (2002) a elaboração de um PCA deverá incluir auditorias, avaliação do ruído, medidas de controlo técnico e administrativo, avaliação e monitorização da função auditiva dos trabalhadores, utilização de EPI, formação e registo documental dos procedimentos. Fausti et al., (2005) acrescenta que os mesmos

deverão ainda englobar a adoção de medidas de engenharia e a implementação de alterações nos ciclos de trabalho, criando tempos de repouso em que os trabalhadores não fiquem expostos ao ruído.

Assim, é vital a implementação de programas que visem a promoção da melhoria das condições de higiene e saúde no trabalho e que os trabalhadores sejam o mais participativos possível com o intuito de envolver todo o universo organizacional da empresa (Sparks, et al., 2001).

4.2.2 Medidas de Proteção Individual

Em locais de trabalho ruidosos as medidas de proteção coletiva são de extrema importância e deverão ser tomadas em primeira instância, visando a atenuação dos níveis de ruído para valores que não sejam prejudiciais para a saúde dos trabalhadores. Contudo, nem sempre é possível a adoção imediata destas medidas, ou porque a empresa não dispõe de meios financeiros para o investimento ou porque é inviável do ponto de vista técnico. Nestes casos, quando as medidas de proteção coletiva não são suficientes para atenuar de forma eficaz o ruído nos ambientes de trabalho, podem ser utilizados equipamentos de proteção individual.

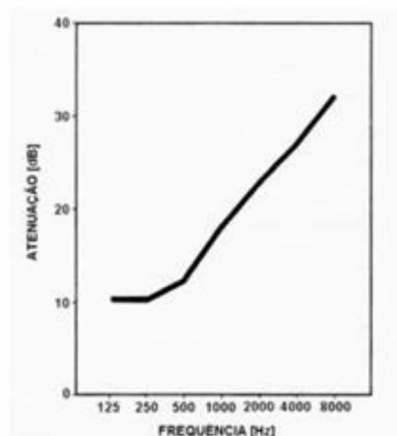
Nestas situações, os equipamentos de proteção individual auditiva, quando utilizados de forma correta, constituem uma ferramenta fundamental no combate à exposição ocupacional a ruídos com capacidade de gerar dano à saúde do trabalhador (Dib, et al., 2011).

Existem dois tipos de protetores auditivos utilizados na indústria:

- ***Tampões auriculares*** de inserção no canal auditivo externo (Figura 37), que apresentam uma boa atenuação nas frequências elevadas mas fraca nas frequências baixa;



a)



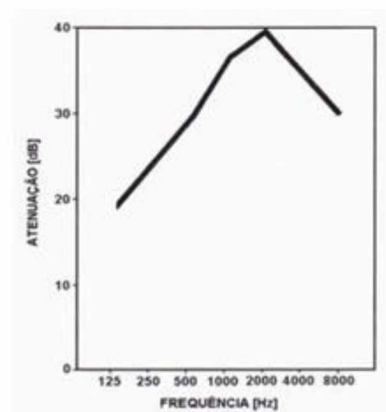
b)

Figura 37 – a) Exemplos de tampões auriculares [18]; b) Gráfico de atenuação por frequência proporcionada pelos tampões auriculares [Nunes, 2006].

- **Abafadores** (em concha) ou <<tapa-orelhas>> (Figura 38), que cobrem todo o pavilhão auditivo, apresentando uma elevada atenuação do ruído impulsivo e das baixas frequências, incluindo as frequências da fala, sendo este um dos fatores negativos da sua utilização.



a)



b)

Figura 38 – a) Exemplo de abafador [18]; b) Gráfico de atenuação por frequência proporcionada pelos abafadores [Fonte: Nunes, 2006].

Entre a gama de abafadores podem distinguir-se dois tipos, os de natureza passiva e os de natureza ativa que dispõe de circuitos eletrónicos capazes de atenuar a exposição aos sons por banda de frequência ou amplitude do espectro sonoro.

Os dispositivos de redução ativa do ruído ou ANR¹⁴ contêm um aparelho com um conjunto microfone/altifalante que utiliza o princípio da sobreposição de ondas sonoras para reduzir a intensidade do ruído sentido pelo trabalhador, particularmente o ruído emitido a baixa frequência (Rudzyn, et al., 2012). Neste tipo de abafadores o microfone pode estar instalado no lado exterior do dispositivo (sistema feedforward), recomendado para ambientes de ruído impulsivo, ou no seu interior (sistema feedback), sendo este o tipo de protetores ativos mais comum no mercado.

Na escolha dos protetores auditivos deve ter-se em conta a natureza do ruído a que o trabalhador está exposto, nomeadamente no que respeita ao seu espectro de frequência do ruído, visto que existem vários tipos de protetores eficientes e específicos para cada gama de frequência. Os materiais empregues na execução destes dispositivos, como a massa, a natureza do material, a configuração e a dimensão da cavidade no caso dos abafadores, têm características próprias, capazes de atenuar gamas de frequência específicas e possuem graus de atenuação distintos relativamente à quantidade de energia que bloqueiam.

Estudos realizados por Verbek et al., (2012) mostram que dentro do conjunto de EPI passivos, não existe uma diferença significativa de atenuação para ruídos de elevada intensidade, entre tampões e abafadores. No entanto, para ruídos impulsivos e de altas frequências, os tampões são uma opção, principalmente os que são constituídos por material poroso, uma vez que permitem um bom grau de inteligibilidade ao nível da conversação. No que respeita aos equipamentos de proteção ativa, estes demonstram uma eficácia superior comparados com os equipamentos de proteção passiva, para bandas de frequências baixas (< 500 Hz). Contudo, em gamas altas de frequência revelam um comportamento ineficiente em comparação com os dispositivos de proteção passiva.

Na maioria das indústrias, a utilização dos dispositivos de proteção auditiva cria algum constrangimento e resistência por parte dos trabalhadores, sendo uma das medidas mais difíceis de fazer cumprir.

¹⁴ ANR – Active Noise Reduction.

No que respeita aos tampões auditivos, esse constrangimento deve-se normalmente aos problemas relacionados com a sua correta colocação. Nos abafadores, não existe esse obstáculo, no entanto a sua utilização dificulta a identificação de sinais sonoros de aviso e a inteligibilidade da fala, criando constrangimentos à comunicação verbal. A maior barreira à utilização destes dispositivos está relacionada com questões de conforto pessoal, pois a sua utilização ao longo da jornada laboral torna-se desconfortável, pelo que os trabalhadores acabam por retirar ou reajustá-los da sua posição ideal.

CAPÍTULO V

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho será realizado um estudo dos níveis de ruído a que os trabalhadores de uma indústria metalomecânica estão expostos durante o seu período laboral. Para a sua realização foram efetuadas várias medições, em tempos distintos, dos níveis de ruído produzidos durante o processo produtivo, através da utilização de um sonómetro colocado em várias zonas estratégicas do pavilhão. A recolha e análise destes níveis permitirá verificar se a legislação em vigor relativa ao ruído é cumprida nesta metalomecânica, e em caso negativo quais serão as medidas coletivas e individuais a adotar capazes de controlar esta problemática.

Este estudo constituirá assim uma pequena amostra da indústria metalomecânica em Portugal, permitindo verificar se os níveis e as normas estabelecidas em matéria de ruído são cumpridas. Além disso, tem como objetivo alertar as entidades competentes para os elevados níveis de ruído existentes neste tipo de indústrias, visando a realização de uma fiscalização mais apertada e rigorosa, bem como a adoção de medidas eficazes de segurança e saúde dos trabalhadores.

5.1 MATERIAIS

5.1.1 Identificação da empresa

O estudo foi realizado numa oficina sediada em Portugal que opera na área da metalomecânica, na execução de trabalhos em estruturas metálicas, construção naval e industrial, tubagens e encanamentos. Nesta oficina são executados trabalhos para vários ramos como indústria de óleo e gás, plataformas petrolíferas, siderurgias, construção civil, indústria naval, agricultura e entre outros. A empresa conta para o efeito com pessoal especializado na área da engenharia, serralharia, montagem, soldadura e pintura.

As instalações (Figura 39) dispõem de uma vasta área com o equipamento necessária à realização e acompanhamento de projetos de grande porte. O espaço disponível está dividido em várias áreas específicas: a oficina de metalomecânica, ferramentaria, zona de pintura, área de decapagem, armazém, balneários e os escritórios de engenharia no piso superior, dispondo ainda de uma vasta área no exterior para a colocação de ferragens em stock.

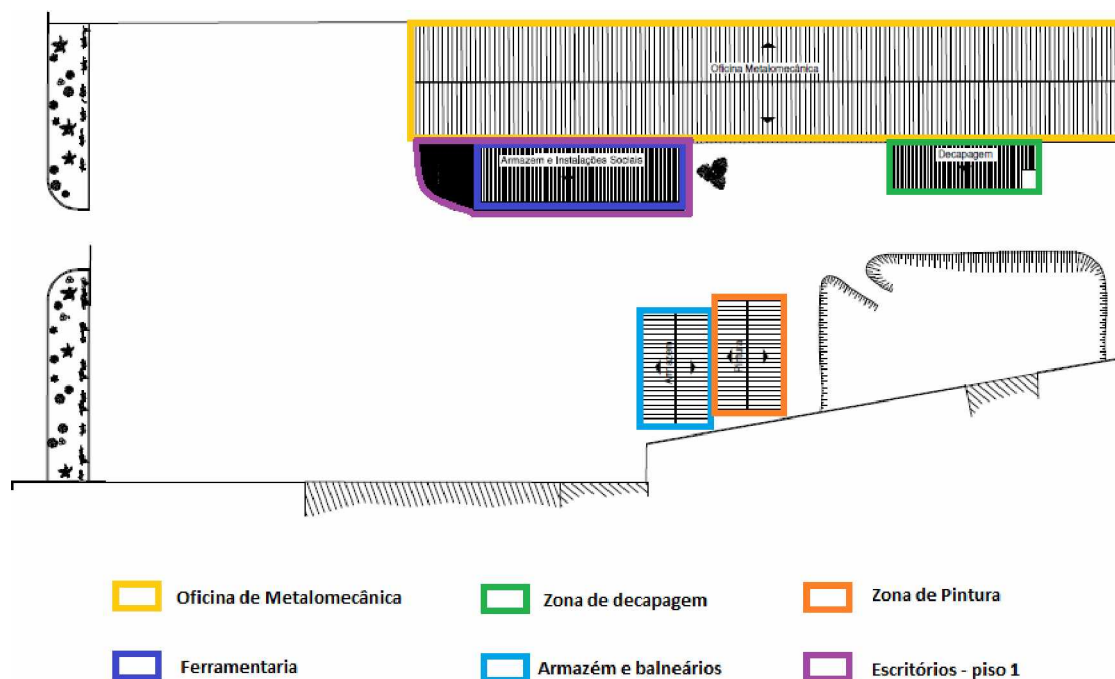


Figura 39 – Instalações da empresa de estudo.

As medições e análise dos níveis de ruído cingiram-se à oficina de metalomecânica, por ser aqui que se realizam a maioria dos trabalhos ruidosos suscetíveis de provocar dano na saúde dos trabalhadores. É nesta zona que se encontram as máquinas e equipamentos ruidosos utilizados no processo produtivo, tais como: pantógrafo, serrotes, calandras, guilhotinas, prensa hidráulica, quinadeiras, máquina de soldar a arco submerso, engenhos de furar, tornos mecânicos, pontes rolantes e outros. É de referir que a maioria das máquinas utilizadas na oficina foram produzidas durante a Segunda Guerra Mundial, no início do século XX, não estando equipadas com tecnologia avançada capaz de atenuar o ruído produzido.

A oficina em estudo tem 119,8 m de comprimento e 20,4 m de largura, o que perfaz uma área total de 2443,92 m², sendo constituída por uma estrutura em perfis metálicos, paredes em alvenaria de tijolo furado e uma cobertura em chapa ondulada de zinco. A planta da oficina de metalomecânica, assim como, a disposição das máquinas aí existentes, encontra-se no anexo III deste trabalho.

Por questões de confidencialidade não se faz referência ao nome nem à localização da empresa onde se realizou o estudo.



Figura 40 – Fotos da oficina de metalomecânica alvo de estudo.

5.1.2 Caracterização das atividades realizadas

A oficina conta com 8-12 trabalhadores, consoante a quantidade de trabalho existente, com idades compreendidas entre os 35 e os 62 anos. Aí realizam-se vários trabalhos, em aço, alumínio e outros metais, tais como:

- Reparação e fabrico de peças/ blocos para a construção naval (rebocadores oceânicos, porta contentores, tanques de combustível e outros);
- Fabrico de estruturas metálicas como: condutas, silos, colunas industriais petrolíferas, pontes metálicas, pórticos para portos de mar;
- Fabrico e reparação de peças mecânicas e de máquinas agrícolas e industriais;
- Atividades mecânicas de torneamento, fresagem, calandragem, quinagem, furação e desempeno de peças;
- Tratamento de superfície de peças metálicas: decapagem e pintura;
- Montagem e soldadura de peças fabricadas ou reparadas em oficina.

Nas imagens ilustram-se algumas das atividades desenvolvidas na oficina bem como os equipamentos utilizados.



Figura 41 – a) Corte de chapa de aço com oxicorte com recurso ao pantógrafo; b) Corte manual de chapa de aço com oxicorte.



a)



b)

Figura 42 – a) Furação de chapa no engenho de furar; b) Prensa hidráulica.



a)



b)

Figura 43 – a) Enformar chapa de aço numa calandra; b) Torno mecânico.



a)



b)

Figura 44 – a) Corte de perfil metálico no serrote de cortar; b) Fresadora mecânica.



Figura 45 – Movimentação de cargas com recurso à ponte rolante.

Nesta oficina os elevados níveis de ruído percecionados devem-se não só às máquinas utilizadas, que por serem antigas não dispõem de tecnologia capaz de minimizar o ruído produzido, mas também ao próprio edifício, constituído por material rígido que facilita os fenómenos de reflexão do som. Além disso as próprias bancadas de trabalho são em aço rígido e não existem quaisquer painéis ou divisórias constituídas por material fonoabsorvente que permitam a absorção e atenuação das ondas sonoras.

O período em que foram efetuadas as medições dos níveis de ruído produzidos na oficina, que serviram como base para este estudo, coincidiu com o fabrico de um rebocador em aço. Este processo envolve vários equipamentos e processos ruidosos, tal como: oxicorte, serrotes mecânicos, engenhos de furar e rebarbadoras para cortar e desbastar aço; calandras e quinadeiras para enformar as chapas; máquinas de soldar, martelos, pontes rolantes e empilhadores, necessários ao processo de montagem das várias peças constituintes do rebocador. É de referir que no período das medições, a equipa estava direccionada para a montagem e movimentação das várias peças constituintes do rebocador, havendo apenas alguns trabalhos pontuais de corte, enformação, furagem e torneamento a executar nas máquinas. Assim é de esperar que na zona da oficina destinada há montagem haja mais ruído que na zona onde se encontram as máquinas. Na figura 46, podem observar-se os trabalhos de montagem do rebocador.



Figura 46 – Trabalhos de montagem do rebocador.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Objetivos do estudo

Os trabalhadores da indústria metalomecânica estão constantemente expostos a elevados níveis de ruído durante o seu período laboral, os quais podem provocar danos irreversíveis à audição, alterações fisiológicas e emocionais/psicológicas. A EASHW¹⁵, 2005, define a perda de audição como o principal efeito do ruído no trabalhador na indústria transformadora. Por esta razão, este estudo incidirá na medição dos níveis de ruído existentes numa indústria metalomecânica, em que a exposição ao ruído é intrínseca ao próprio processo produtivo.

Pelo exposto o objetivo principal deste trabalho é:

- Analisar/ avaliar a variável ocupacional ruído na indústria metalomecânica em estudo com o intuito de encontrar medidas de eliminação/ correção.

Os objetivos específicos necessários ao cumprimento do objetivo principal são:

¹⁵ EASHW – European Agency for Safety and Health at Work.

- Recolher/ Analisar as amostras de ruído em termos da sua natureza, frequência e tempo de exposição;
- Relacionar o tipo de ruído existente na oficina em estudo com a pesquisa bibliográfica realizada;
- Propor medidas eficazes de proteção e melhoria das condições de trabalho, dando prioridade às medidas coletivas e organizacionais antes da proteção individual.

5.2.3 Metodologia

Após a identificação e caracterização do local de estudo e dos equipamentos utilizados no processo produtivo, já realizado anteriormente, procede-se à recolha das amostras dos níveis de ruído produzidos na oficina durante o período de trabalho (8h). As medições dos níveis de ruído foram realizadas durante o mês de março de 2016, ao longo de 17 dias, 2 vezes por dia, em 2 zonas distintas da oficina, tendo cada medição um intervalo de tempo de aproximadamente 10 minutos. Assim, para a realização das medições, o local de estudo foi hipoteticamente dividido em duas zonas distintas:

- **Zona I** – corresponde à zona mais livre de máquinas e equipamentos, onde se realiza a montagem de peças;
- **Zona II** – localizada na zona mais próxima da entrada principal, onde existe um maior número de máquinas e equipamentos;

As duas zonas da oficina onde foram realizadas as medições estão ilustradas no anexo IV.

Os níveis de ruído L_{Aeq} e L_{Cpico} foram medidos com recurso a um sonómetro, através do qual foi possível determinar o nível $L_{EX,8h}$ de exposição a que os trabalhadores estão expostos diariamente. Os níveis medidos permitem ainda a realização de cálculos necessários à escolha do EPI mais adequado a esta realidade. Para uma maior facilidade, os cálculos serão efetuados com recurso ao MS Excel.

Tal como descrito no Decreto-lei 182/2006 de 6 de setembro, as medições foram realizadas, sempre que possível, num campo sonoro livre na ausência do trabalhador,

colocando o microfone na posição em que se situaria a sua orelha mais exposta, à altura de 1,55 m com a ajuda de um tripé. Nas situações em que a presença do trabalhador era inevitável, o microfone foi colocado a uma distância de 0,20 m em frente à orelha mais exposta do trabalhador. O sonómetro foi sujeito a uma verificação no local, através da utilização de um calibrador acústico, antes e depois de cada medição.

No final, após a análise dos resultados obtidos, será proposta uma lista das medidas de proteção e segurança a implementar nesta oficina de forma a reduzir os níveis de ruído a que os trabalhadores estão expostos.

5.2.4 Equipamento utilizado

As medições dos níveis de ruído produzidos na oficina de metalomecânica onde se desenvolveu o estudo, foram realizadas com recurso a um sonómetro de classe 1 da marca Svantek, disponibilizado pelo Instituto Politécnico de Beja. O instrumento de medição utilizado, ilustrado na figura 47, tem as seguintes características:

- **Sonómetro:** Marca: Svantek (Classe de exatidão 1)/ Modelo: 971 / Nº de série: 39059 / Selo Nº: 22957;
- **Microfone:** Marca: ACO / Modelo: 7052E / Nº de série: 57963;
- **Pré-amplificador:** Marca: Svantek / Modelo: SV18 / Nº de série: 38469;
- **Calibrador:** Marca: Svantek / Modelo: SV31 / Nº de série: 39447 / Selo Nº: 22958
- **Software:** SvanPC++
- **Tripé**

O aparelho foi devidamente verificado e aprovado pelo Instituto Português de Qualidade com o nº 245.70/ 14.22957, de acordo com a Portaria 977/09 de 1 de setembro de 2009 e com o Procedimento Interno PO.M-DM/ACUS 02 (Ed. C – Rev. 00) tendo por base os documentos de referência da Norma IEC 61672-3: 2006-10.



a)



b)

Figura 47 – a) Sonómetro utilizado / b) Medição de ruído na zona I da oficina.

A utilização deste aparelho permitiu:

- Medição do nível sonoro contínuo equivalente $L_{Aeq, Tk}$ em dB(A);
- Medição do nível de pressão sonora de pico L_{Cpico} em dB(C);
- Medição da análise de frequência do $L_{Aeq, f, Tk}$ por bandas de oitava (63 a 8000 Hz) em dB(A).

5.2.5 Método de Análise das amostras recolhidas

Tal como referido anteriormente, foram realizadas medições de 10 minutos, duas vezes por dia, em duas zonas distintas da oficina (Zona I e Zona II), durante um período de 17 dias, o que perfaz um número total de 34 medições em cada zona.

As amostras dos níveis de ruído efetuaram-se com recurso ao sonómetro posicionado em pontos pertinentes de cada zona, o qual fez o registo, para cada amostra, do nível sonoro contínuo equivalente L_{Aeq} , do nível de pressão sonora de pico L_{Cpico} e do nível de pressão sonora contínuo equivalente $L_{Aeq, f, Tk}$ em cada banda de oitava. O gráfico tipo do registo da pressão sonora ao longo do tempo, dado pelo Software SvanPC++, que vem integrado com o sonómetro, pode observar-se na figura 48.

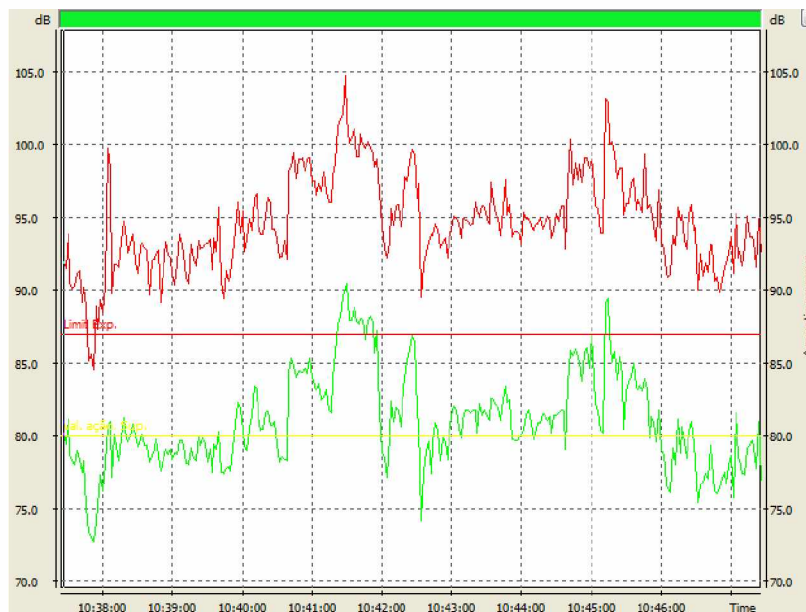


Figura 48 – Gráfico dado pelo sonómetro (eixo x – Tempo; eixo y – Pressão Sonora).

Neste gráfico, o traçado a verde corresponde aos valores do nível sonoro contínuo equivalente L_{Aeq} e a vermelho representa o nível de pressão sonora de pico L_{Cpico} , registados ao longo o intervalo de tempo da amostra.

A figura 49 corresponde à análise espectral por bandas de oitava do gráfico 48, dado pelo Software do sonómetro, através do qual é possível retirar os níveis de pressão sonora equivalente $L_{Aeq,f,Tk}$ em cada banda de oitava.

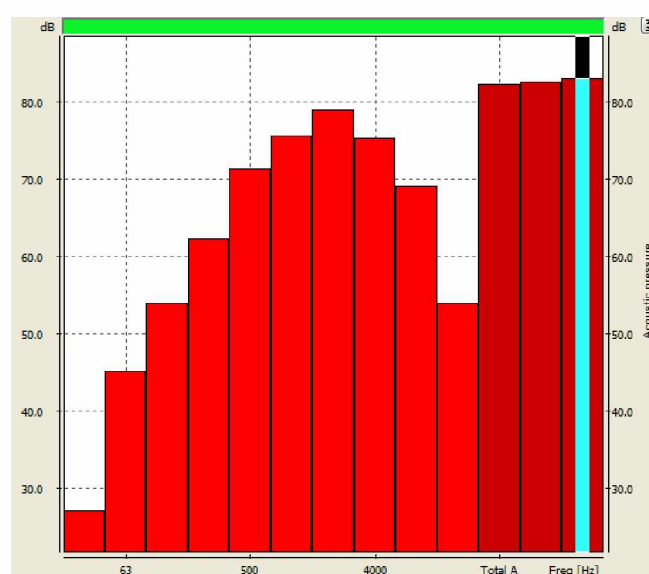


Figura 49 – Análise espectral por bandas de oitava do gráfico 48.

É de referir que as medições se realizaram em termos globais para a Zona I e Zona II, uma vez que se pretendiam resultados gerais dos níveis de ruído a que os trabalhadores estão expostos.

Os valores medidos foram registados e analisados em conformidade com as prescrições do Decreto-lei 182/2006.

Através do valor do nível de pressão sonora contínuo equivalente L_{Aeq} foi possível calcular para cada amostra o nível de exposição diário ($L_{EX,8h}$), através da expressão:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T_e} + 10 \cdot \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right) [dB(A)] \quad (31)$$

Sendo:

L_{Aeq,T_e} o nível de pressão sonora contínua equivalente, registado pelo sonómetro, a que um trabalhador está exposto durante um período de tempo T_e ao longo da jornada laboral T_0 .

Nos cálculos realizados considerou-se que $T_e = 7,5$ h, uma vez que os trabalhadores dispõem de 30 minutos diários de pausa: 15 minutos a meio da manhã para o pequeno-almoço e 15 minutos a meio da tarde para o lanche, sendo $T_0 = 8$ h.

Efetuada os cálculos compararam-se os resultados obtidos $L_{EX,8h}$ com os valores limite de exposição e de ação superior e inferior, definidos na legislação (Tabela 8).

Valores de Ação de Exposição Inferiores	$L_{EX,8h} = 80$ dB(A)
	$L_{Cpico} = 135$ dB(C)
Valores de Ação de Exposição Superiores	$L_{EX,8h} = 85$ dB(A)
	$L_{Cpico} = 137$ dB(C)
Valores Limite de Exposição	$L_{EX,8h} = 87$ dB(A)
	$L_{Cpico} = 140$ dB(C)

Tabela 8 – Valores limite de exposição de ação superior e inferior definidos por lei.

Os valores de L_{CPico} e $L_{EX,8h}$:

- Superiores os valores de ação de exposição inferiores foram preenchidos a amarelo - nestes casos o empregador tem de colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais;
- iguais ou superiores aos valores de ação de exposição superiores foram preenchidos a laranja - nestes casos o empregador tem de colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais e assegurar a sua utilização;
- superiores aos valores limite de exposição foram preenchidos a vermelho - nestes casos os trabalhadores não podem estar expostos a estes níveis de ruído, pelo que o empregador terá de implementar medidas imediatas capazes de controlar estes valores.

Nas tabelas do anexo V constam os valores L_{Aeq} e L_{CPico} registados pelo sonómetro, bem como os valores $L_{EX,8h}$ calculados, nas 34 medições efetuadas para cada zona da oficina. Os valores finais da exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) durante o trabalho e o valor máximo de nível de pico sonoro (L_{CPico}) foram comparados com os valores limite de exposição e os valores de ação e preenchidos de acordo com a escala de cor definida anteriormente, sendo que os valores a verde não acarretam risco.

Assim, para os valores calculados $L_{EX,8h}$ preenchidos a amarelo, laranja e vermelho, onde a exposição diária excedia os limites previstos, procedeu-se à análise do ruído em frequência, com o objetivo de estudar quais os protetores auditivos mais adequados capazes de atenuar este tipo de ruído.

A seleção dos protetores auditivos foi realizada em função da atenuação por bandas de oitava, utilizando-se os valores do nível de pressão sonora contínuo equivalente ($L_{Aeq,f,Tk}$) ponderado A, em cada banda de oitava, obtidos através do sonómetro (tabelas do Anexo VI). Estes valores permitiram definir o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_K horas por dia. Através dos mesmos foi possível calcular os níveis globais, em dB(A), por banda de oitava, $L_{63}, L_{125}, \dots, L_n, \dots, L_{8000}$, de acordo com a equação:

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2s_f \quad (32)$$

Em que s_f é o desvio padrão da atenuação e M_f é o valor médio da atenuação dos protetores auditivos em cada banda de frequência, ambos indicados pelo fabricante.

Após a determinação dos níveis globais calculou-se o nível sonoro contínuo equivalente ($L_{Aeq,Tk,efect}$), de cada ruído que ocorra durante o tempo T_k , estando o trabalhador equipado com protetores auditivos, através da expressão:

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \log \sum_n 10^{0,1 L_n} \quad (33)$$

Por último calculou-se o valor da exposição diária efetiva ($L_{EX, 8h, efect}$), em dB(A), a que cada trabalhador está exposto ao utilizar protetores auditivos, utilizando a expressão:

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{k=1}^{K=n} T_K 10^{(0,1 L_{Aeq,T_k,fect})} \right] \quad (34)$$

Tal como para o cálculo de $L_{EX,8h}$, assumiu-se que o tempo T_k de exposição ao ruído é de 7,5 h, ao longo da jornada laboral de 8 h.

Para a escolha dos protetores auditivos mais adequados ao ruído produzido nesta oficina, foram selecionados 5 modelos (3 tampões e 2 abafadores) dentro dos mais usais no mercado. Seguidamente far-se-á a descrição de cada um deles e apresentam-se os respetivos valores S_f e M_f indicados pelo fabricante.



Figura 50 – Tampões Earsoft [18].

Tampões Earsoft

Especificações Técnicas

- Moldável descartável.
- Suaves e hipoalergénicos.
- Ótima comodidade
- Resistentes à sujidade devido à sua superfície lisa e pouco porosa.
- Ajustável à maioria dos canais auditivos graças ao seu desenho cónico.
- Disponível com cordão.
- Atenuação: 36 dB (SNR).
- Material: Espuma de Poliuretano.
- Cor: Amarelo Néon.

CE
Directiva:
89/686/CEE
- EN 352-2

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f - Atenuação média (dB)	23,7	30,8	36,1	39,2	39,5	35,8	42,1	46,1
S_f - Desvio normal (dB)	6,7	6,5	6,7	4,7	3,9	4,9	3,1	3,3

Tabela 9 – Valores M_f e S_f dos tampões Earsoft [17].

Tampões reutilizável Tracer 20



Figura 51 – Tampões reutilizáveis Tracer 20 [18].

Especificações Técnicas

- Reutilizável com cordão.
- Material suave e de ótima comodidade
- Forma cônica e desenho com três anéis de alta resistência, permitem uma cómoda adaptação ao canal auditivo.
- Metal detetável tanto no tampão como no cordão.
- Compatível com capacetes e óculos de proteção.
- Fácil de limpar.

- Atenuação: 32 dB (SNR).

- Material: Polímero.



Directiva:
89/686/CEE

- EN 352-2:1993

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f - Atenuação média (dB)	29,2	29,4	29,4	32,2	32,3	36,1	44,3	44,8
S_f - Desvio normal (dB)	6	7,4	6,6	5,3	5	3,2	6	6,4

Tabela 10 – Valores M_f e S_f dos tampões reutilizáveis Tracer 20 [17].

Tampões Reutilizáveis Ultrafit 20



Figura 52 – Tampões rutilizáveis Ultrafit 20 [18]

Especificações Técnicas

- Reutilizável com cordão.
- Material suave e de ótima comodidade
- Forma cônica e desenho com três anéis de alta resistência, permitem uma cómoda adaptação ao canal auditivo.
- Compatível com capacetes e óculos de proteção.
- Fácil de limpar.

- Atenuação: 20 dB (SNR).

- Material: Silicone hipoalérgico.



Directiva:
89/686/CEE

- EN 352-2:2002

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f - Atenuação média (dB)	7,2	9	11,9	17,6	23,9	28,9	32,1	35,8
S_f - Desvio normal (dB)	5,1	4,5	3,9	3,6	3,1	3,6	7,1	4,2

Tabela 11 - Valores M_f e S_f dos tampões reutilizáveis Ultrafit 20 [17].

Auricular de cabeça dobrável



Figura 53 – Auricular de cabeça dobrável [18].

Especificações Técnicas

- Ótimo ajuste.
- Melhora o conforto aumentando assim o tempo de utilização.
- Leve.

CE
Directiva:
89/686/CEE
- EN 352-1

- Atenuação: 20 dB (SNR).

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f - Atenuação média (dB)	12,7	14,1	19,1	29,8	35,9	30,3	37,5	33,4
S_f - Desvio normal (dB)	2,3	4,2	2,6	3,2	3,3	3,3	1,8	2,7

Tabela 12- Valores M_f e S_f do auricular de cabeça dobrável [17].

Auricular de cabeça Peltor X3



Figura 54 – Auricular de cabeça Peltor X3 [18].

Especificações Técnicas

- Design moderno e atrativo de baixo perfil.
- Banda de cabeça dupla para maior equilíbrio e conforto adicional, com arame com isolamento elétrico.
- Almofadas macias ajudam a reduzir a pressão à volta das orelhas melhorando a utilização e conforto.
- Almofadas de ajuste em espuma que ajudam a melhorar a atenuação, com tecnologia de espuma patenteada para uma efetiva proteção e vedação.
- Grande espaço no interior da concha ajuda a reduzir a humidade e a acumulação de calor.
- Inserções e almofadas fáceis de substituir, ajudam a manter o produto higienizado.

CE
Directiva:
89/686/CEE
- EN 352-1

- Atenuação: 33 dB (SNR).

Frequência (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
M_f - Atenuação média (dB)	21,5	22,8	25,1	27	40	35,8	38,5	38,9
S_f - Desvio normal (dB)	3	2,1	3,1	1,7	2,8	2,2	2,7	2,9

Tabela 13- Valores M_f e S_f do auricular de cabeça Peltor X3 [17].

Os valores de exposição diária efetiva ($L_{EX, 8h, efect}$), em dB(A), a que o trabalhador está exposto para cada um dos cinco modelos de protetores auditivos escolhidos, encontram-se na tabelas do anexo VII, bem como os valores $L_{EX,8h}$, sem a utilização dos protetores auditivos, para que se possa fazer a comparação entre os valores de exposição com e sem a utilização dos protetores.

CAPÍTULO VI

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1 ANÁLISE DAS AMOSTRAS RECOLHIDAS

Nos gráficos das figuras 55 e 56 estão esquematizados os valores calculados do nível de exposição diário $L_{EX,8h}$ para cada amostra, apresentados nas tabelas do anexo V, para a Zona I e Zona II. A sua leitura permite verificar que na zona I os níveis de exposição diário $L_{EX,8h}$ são mais elevados do que na zona II, sendo que em ambos os gráficos a maioria dos valores $L_{EX,8h}$ ultrapassa os valores de ação inferior. Na zona I o valor limite de exposição é ultrapassado num grande número de amostras, sendo que na zona II tem menos significado.

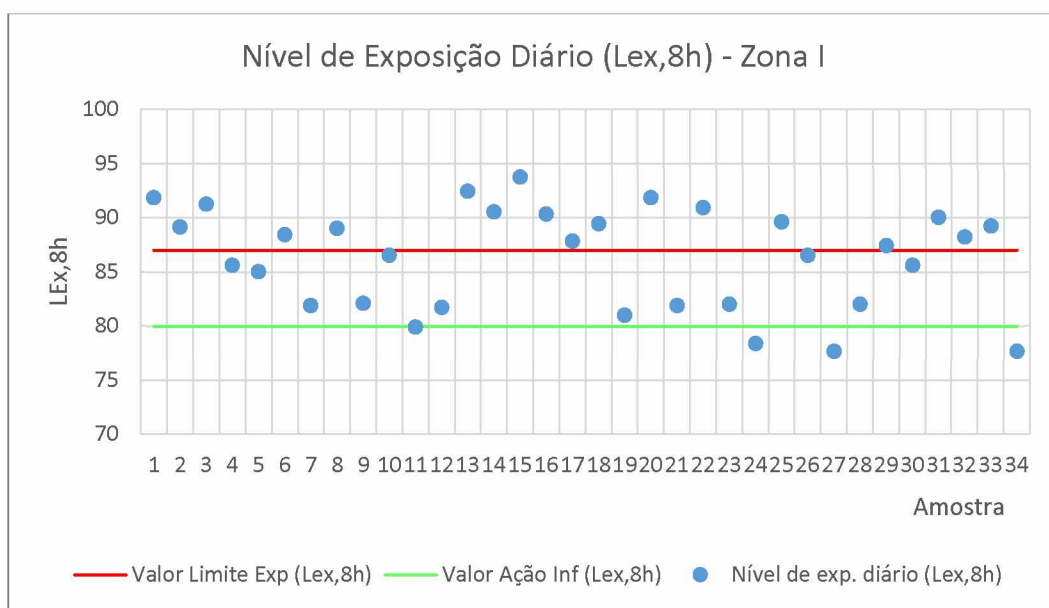


Figura 55 – Nível de exposição diário ($L_{EX,8h}$) – Zona I..

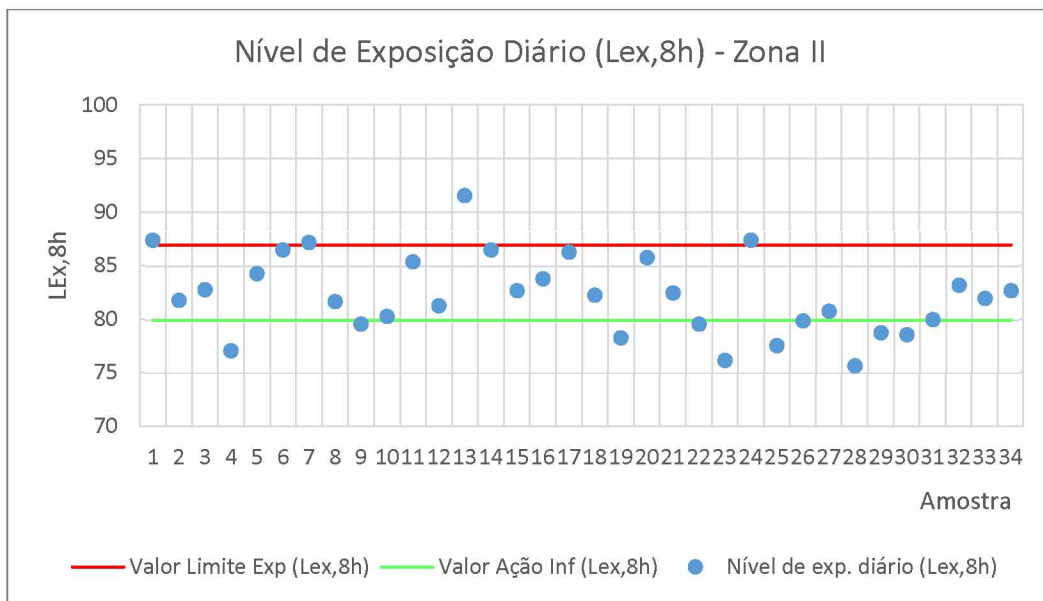


Figura 56 - Nível de exposição diário ($L_{Ex,8h}$) – Zona II.

Nos gráficos das figuras 57 e 58 estão esquematizados os valores do nível de pressão sonora L_{Cpico} registados pelo sonómetro para cada amostra, apresentados nas tabelas do anexo V, para a Zona I e Zona II. A sua leitura permite verificar que em ambas as zonas o valor de ação inferior não foi ultrapassado.

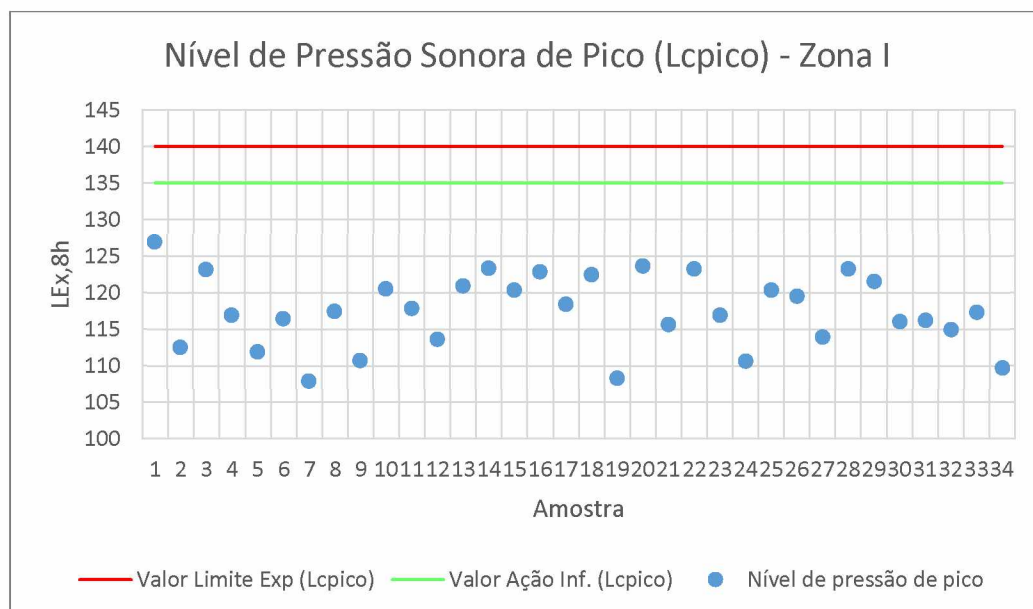


Figura 57 - Nível de Pressão Sonora de Pico (L_{Cpico}) – Zona I.

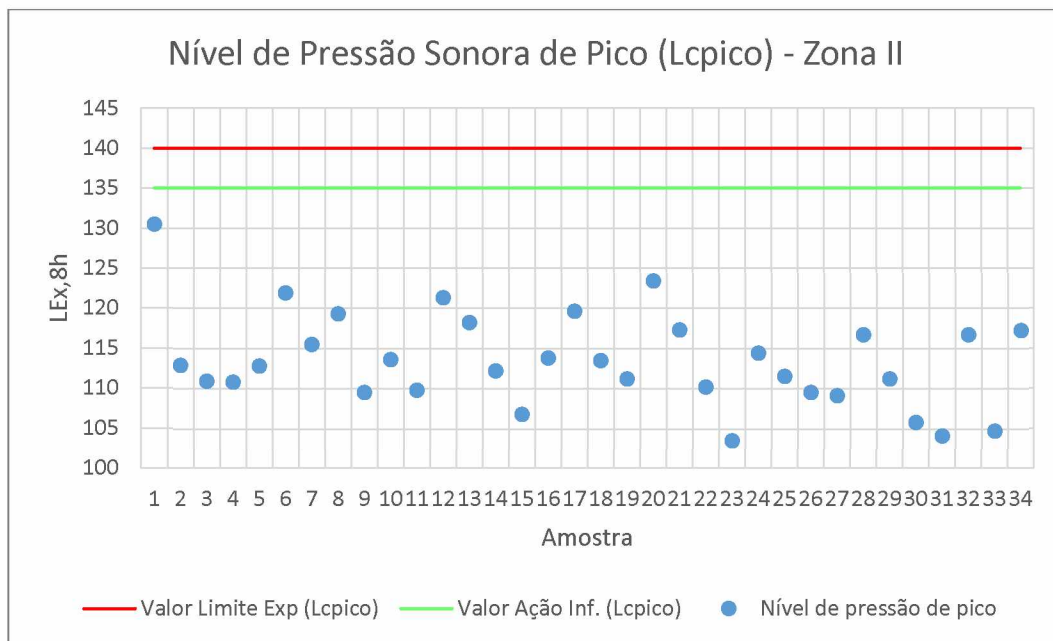


Figura 58 - Nível de Pressão Sonora de Pico (L_{cpico}) – Zona II.

A análise dos valores calculados do nível de exposição diário $L_{EX,8h}$ para cada amostra, apresentados nas tabelas do anexo V, permite concluir que na zona I: 52,9 % das amostras registadas apresentam um valor $L_{EX,8h}$ acima do valor limite de exposição (>87 dB(A)), 35,3 % situam-se entre o valor de ação inferior e superior (80-85 dB(A)), enquanto que apenas 11,8% dos valores estão abaixo dos 80 dB(A), tal como se pode observar de forma mais clara no gráfico da figura 59. Na zona I o valor máximo $L_{EX,8h}$ calculado foi de 93,7 dB(A) e o valor máximo do nível de pressão sonora de pico L_{cpico} registado pelo sonómetro foi de 127 dB(C), notando-se assim que o valor de ação inferior para o L_{cpico} não foi ultrapassado.



Figura 59 – Níveis de exposição diário $L_{EX,8h}$ – Zona I.

Relativamente à zona II verifica que: 11,8 % das amostras registadas apresentam um valor $L_{EX,8h}$ acima do valor limite de exposição (>87 dB(A)), 58,8 % situam-se entre o valor de ação inferior e superior (80-85 dB(A)), enquanto que 29,4 % dos valores estão abaixo dos 80 dB(A), tal como se pode observar no gráfico da figura 60. Na zona II o valor máximo $L_{EX,8h}$ calculado foi de 91,5 dB(A) e o valor máximo do nível de pressão sonora de pico L_{Cpico} registado pelo sonómetro foi de 130,5 dB(C), notando-se assim que o valor de ação inferior para o L_{Cpico} não foi ultrapassado.

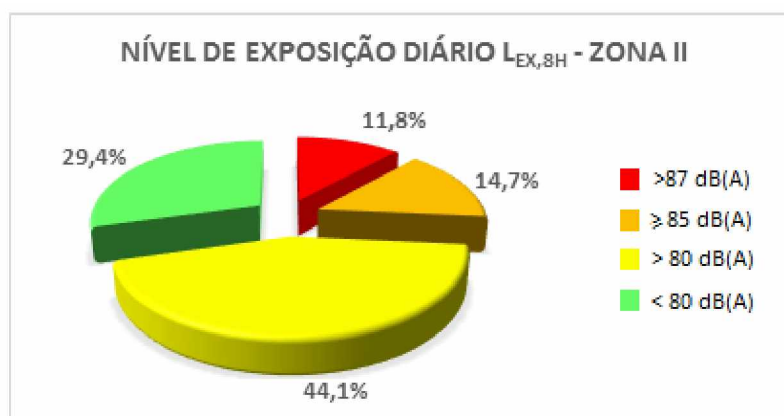


Figura 60 – Níveis de exposição diário $L_{EX,8h}$ – Zona II.

Pelo exposto conclui-se que a zona I apresenta níveis de ruído mais elevados que a zona II, tal como se previa, uma vez que as medições foram realizadas no período em se procedia aos trabalhos de montagem de um rebocador na zona I, havendo apenas alguns trabalhos pontuais a realizar nas máquinas (zona II). Contudo estes valores são transmutáveis, podendo haver níveis mais elevados de ruído na zona II do que na zona I em determinado período de tempo, de acordo com o tipo de trabalhos a executar.

De uma forma geral confirma-se que os níveis de ruído são mais elevados para as frequências de 2000 e 4000 Hz e que mais de 70 % dos valores calculados do nível de exposição diário $L_{EX,8h}$ encontram-se acima do valor limite de exposição e dos valores de ação, definidos no Decreto-Lei nº 182/2006. Os valores obtidos neste estudo vão ao encontro de outros estudos realizados em indústrias transformadoras citados no capítulo III deste trabalho. Desta forma, é urgente que a entidade empregadora tome medidas imediatas que reduzam a exposição a estes níveis e/ou corrija as medidas de proteção e prevenção existentes de modo a evitar a ocorrência de situações idênticas.

Tendo em conta estes resultados procedeu-se à análise do ruído em frequência, para todos os valores de $L_{EX,8h}$ superiores a 80 dB(A), ou seja, acima do valor de ação de exposição inferior - a partir do qual se deverá utilizar proteção, com o objetivo de estudar quais os protetores auditivos mais adequados a utilizar nesta oficina.

Assim dos 3 tampões analisados (Tampão Earsoft- espuma de poliuretano; Tampão Reutilizável Ultrafit – polímero; Tampão Reutilizável Ultrafit 20 – silicone hipoalérgico) os tampões Earsoft em espuma de poliuretano serão os mais indicados, apresentando uma melhor atenuação nas frequências de 2000 e 4000 Hz e valores mais baixos da exposição diária efetiva ($L_{EX,8h,efect}$) em comparação com os outros tampões. Relativamente aos 2 abafadores estudados (Auricular de cabeça dobrável; Auricular de cabeça Peltor X3) ambos apresentam resultados bastante próximos, no entanto o auricular de cabeça Peltor X3 revela-se ligeiramente mais eficaz. Para ambos verifica-se que os valores da exposição diária efetiva ($L_{EX,8h,efect}$) ao utilizar protetores auditivos ficam abaixo do valor de ação de exposição inferior, proporcionando assim uma boa atenuação do ruído. Tal como se pode verificar pela análise dos gráficos das figuras 61 e 62.

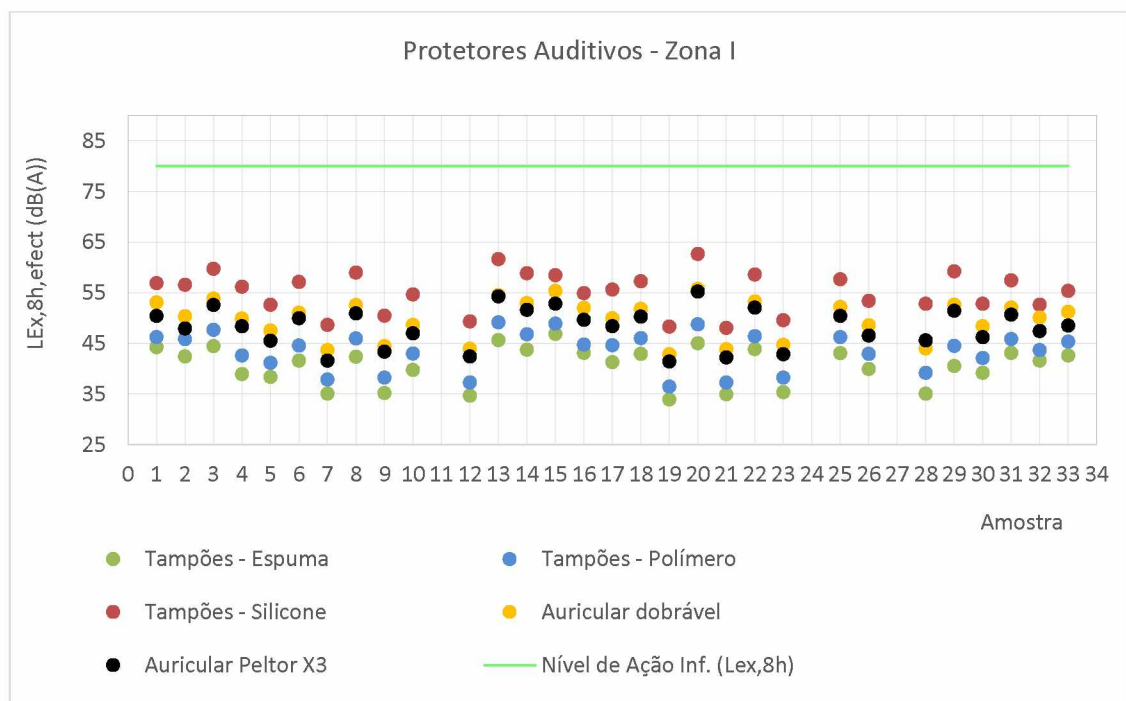


Figura 61 – $L_{EX,8h,efect}$ com a utilização de protetores auditivos – Zona I.

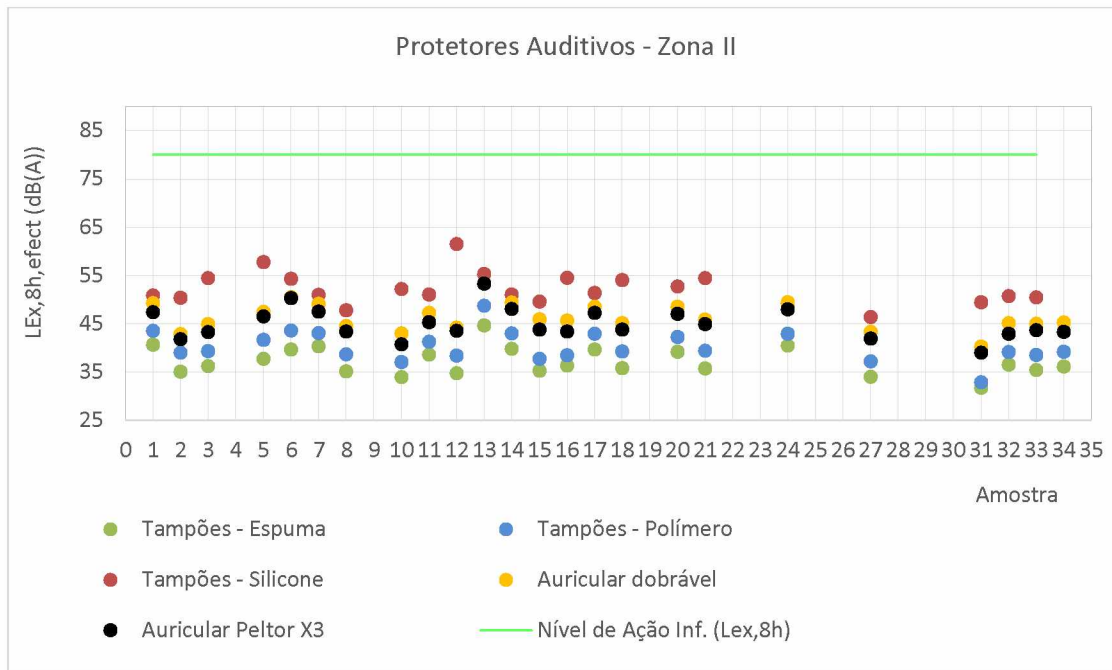


Figura 62 – $L_{EX,8h,effect}$ com a utilização de protetores auditivos – Zona II.

Fazendo a comparação entre os tampões Earsoft em espuma de poliuretano e o abafador auricular de cabeça Peltor X3 verifica-se que os tampões apresentam valores mais baixos de $L_{EX, 8h, effect}$, sendo por isso mais eficazes. No entanto, por norma, os tampões são mais desconfortáveis e difíceis de colocar, pelo que se aconselha que os trabalhadores utilizem estes dois tipos de equipamentos de proteção auditiva de forma alternada ao longo do período de trabalho.

Nesta empresa, a equipa tem à disposição equipamentos de proteção individual auditiva, tais como abafadores e tampões fornecidos pela entidade empregadora, no entanto, verifica-se que a maioria dos trabalhadores apenas os utiliza em situações pontuais, não fazendo um uso adequado dos mesmos. Além disso nota-se que não existe qualquer controlo na utilização dos equipamentos de proteção individual auditiva e há falta de informação/ formação dos trabalhadores face a esta temática.

É de referir que alguns dos trabalhadores da empresa, com mais anos de serviço neste setor, sofrem de problemas auditivos, notando-se uma certa dificuldade na perceção do diálogo verbal. Outros queixam-se de zumbidos e alterações no bem-estar psicológico já fora do período laboral, após a realização de determinadas atividades sujeitas a elevados níveis de ruído.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÃO

A exposição prolongada ao ruído pode colocar os trabalhadores perante riscos para a sua saúde, designadamente perturbações psicológicas ou fisiológicas, associadas a reações de stresse, alterações de humor ou falta de concentração, hipertensão arterial e distúrbios cardiovasculares, assim como problemas graves no aparelho auditivo, zumbidos e consequente surdez profissional.

Segundo a OSHA (2011), o ruído é um agente físico que pode afetar de modo significativo a qualidade de vida.

A diminuição da acuidade auditiva provocada pelo ruído ocupacional ocupa o segundo lugar na lista das doenças profissionais mais frequentes, sendo que em Portugal o sexo masculino é o mais afetado.

A exposição ocupacional ao ruído abrange um vasto leque de setores, que vão desde as grandes indústrias, construção civil e agricultura, passando também por outros serviços, onde à partida não se suponha que estes níveis fossem tão elevados, tais como: hospitais, escolas, escritórios, serviços de atendimento ao público, etc.

A redução do ruído excessivo deve ser vista pelas entidades patronais e pelos trabalhadores não apenas como uma responsabilidade jurídica, mas principalmente como uma medida preventiva em saúde, pois quanto mais seguro e saudável for o ambiente de trabalho melhor será o bem-estar pessoal e a qualidade de vida dos seus trabalhadores. Estão igualmente em causa os interesses comerciais da empresa em questão, visto que trabalhadores saudáveis são mais motivados, mais produtivos e

com menor risco de sofrerem acidentes de trabalho e consequentemente com uma menor taxa de absentismo.

O ruído é descrito um som que produz uma sensação auditiva desagradável ou incomodativa, dificultando as comunicações verbais e sonoras e provocando fadiga geral nos trabalhadores.

O Decreto-Lei 182/2006 de 6 de setembro é o atual diploma legal que regula a exposição ao ruído durante o trabalho, no qual se define um conjunto de normas a cumprir de proteção dos trabalhadores face a esta variável, que se aplicam a todas as empresas.

A lei prevê a realização de avaliações periódicas que permitam conhecer os valores dos níveis de exposição pessoal diária ao ruído e do nível máximo de pressão sonora de pico a que cada trabalhador se encontra exposto no seu local de trabalho. Estas avaliações deverão ser efetuadas por técnicos com formação e competências adequadas, devendo sofrer atualizações sempre que: seja criado um novo posto de trabalho; se verifiquem modificações significativas que provoquem alterações nos níveis de exposição, ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar essa necessidade. Caso seja atingido ou excedido o valor limite do nível de ação superior ($L_{Ex,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$ e $L_{Cpico} \geq 137 \text{ dB(C)}$) a periodicidade mínima da avaliação de riscos é de um ano.

Com base na avaliação de ruído realizada neste trabalho, verificou-se que na indústria metalomecânica de estudo os trabalhadores estão expostos a níveis de ruído superiores ao estabelecido, pelo que é urgente a tomada de medidas imediatas e eficazes de redução da exposição a estes valores. Desta forma, foi realizado o estudo dos protetores auditivos mais adequados ao tipo de ruído existente nesta oficina, utilizando o método de cálculo por bandas de oitava. Esta análise permitiu concluir que a utilização de tampões Earsoft em espuma de poliuretano alternando com o abafador auricular de cabeça Peltor X3 será a melhor opção, tendo em consideração o conforto dos trabalhadores.

A utilização destes protetores permitirá baixar os níveis de exposição diária para valores abaixo do valor de ação de exposição inferior, proporcionando assim uma boa

atenuação do ruído. Contudo, o uso de EPI deverá ser encarado como a última solução a adotar, sendo que a entidade empregadora deverá privilegiar a implementação de medidas de carácter coletivo, construtivo e organizacional que visem melhores condições de segurança e saúde dos trabalhadores, antes das medidas de proteção individual.

É necessário reforçar a ideia, junto das entidades empregadoras, que as medidas de proteção não se devem limitar apenas à utilização de proteção individual auditiva, solução que é geralmente adotada pela sua facilidade de implementação e baixo custo. Pois, embora se possa pensar que esta solução resolverá o problema, uma vez que o valor de exposição com o uso de EPI melhora significativamente, tal não se verifica na prática, pois o seu uso torna-se desconfortável ao longo do período de trabalho, verificando-se alguma resistência na sua utilização por parte dos trabalhadores. Por esta razão, a entidade empregadora deverá disponibilizar uma gama de protetores auditivos aos trabalhadores, para que estes possam escolher os que consideram mais confortáveis, aumentando assim a probabilidade da sua utilização. O empregador deverá igualmente verificar junto dos trabalhadores se os equipamentos de proteção estão a ser devidamente utilizados.

É de grande importância a implementação de políticas de prevenção e controlo, como por exemplo, o Plano de Conservação Auditiva (PCA), com o intuito de preservar a audição dos trabalhadores e detetar precocemente qualquer problema auditivo.

O ruído é uma agente ocupacional que apresenta níveis cada vez mais preocupantes, pelo que é essencial tomar medidas e estabelecer programas eficazes na sua redução a longo prazo junto das empresas. Pelo que é necessário alertar as entidades competentes para os elevados níveis de ruído que continuam a notar-se neste tipo de indústrias, visando a realização de uma fiscalização mais apertada e rigorosa.

Tendo em conta os níveis de pressão sonora e a caracterização do espectro dos diferentes ruídos encontrados nesta oficina de metalomecânica, apresenta-se uma lista de medidas de proteção e segurança dos trabalhadores face à exposição a esta variável, tendo por base os elementos recolhidos na pesquisa bibliográfica.

Estas medidas são apresentadas de forma hierarquizada, tal como é definido na norma portuguesa NP EN 4397:2008, começando pelas medidas coletivas ou construtivas, seguidas das medidas organizacionais e por fim as medidas individuais com recurso à utilização de EPI, tendo em consideração a realidade desta empresa.

Pelo exposto propõe-se as seguintes medidas a implementar, de forma a baixar os elevados níveis de ruído que aqui se verificam:

1. Substituir a cobertura existente em painéis ondulados de zinco, por painéis fonoabsorventes do tipo sandwich;
2. Montar baffles ou outro tipo de materiais com formato específico no teto, para evitar as reflexões do som;
3. Tendo em consideração a data de fabrico das máquinas e equipamentos utilizados, deverá ponderar-se a sua substituição por outros com tecnologia mais avançada e com menores níveis de ruído;
4. Na impossibilidade de adquirir novas máquinas e equipamentos, por ser bastante dispendioso para a empresa, propõe-se:
 - a realização de ações de manutenção em todas as máquinas, com o intuito de verificar se é possível diminuir os seus níveis de ruído através da substituição e ajuste de partes do equipamento;
 - a montagem de suportes anti-vibráteis em borracha que permitam a redução das vibrações produzidas pelas máquinas e consequentemente dos níveis de ruído;
5. Montagem de painéis divisórios constituídos por material absorvente do lado em que se localiza a fonte sonora e por material isolante do lado contrário, posicionados entre as máquinas;
6. Implementação de programas eficazes que visem a promoção da melhoria das condições de higiene e saúde no trabalho;
7. Vigilância médica e audiometria da função auditiva dos trabalhadores expostos com periodicidade anual (Decreto-Lei 182/2006);

8. Realização de exames audiométricos completos aquando da admissão dos trabalhadores, de forma a verificar a sua sensibilidade individual ao ruído, permitindo assim um melhor controlo da eficácia das medidas de proteção tomadas;
9. Realização de avaliações de ruído todos os anos, uma vez que os valores de ruído existentes nesta oficina excederam valores limite de exposição e os valores limite de ação definidos por lei;
10. Atualização das avaliações de ruído sempre que seja criado um novo posto de trabalho ou quando se verifiquem modificações significativas que provoquem alterações nos valores de exposição pessoal diária ($L_{Ex,8h}$) ou nos níveis de pressão sonora de pico (L_{Cpico});
11. Implementação da rotatividade de trabalhadores e de mais períodos de pausa, no sentido de diminuir o tempo de exposição ao ruído;
12. Realização de ações de formação e sensibilização dos trabalhadores face aos níveis de ruído a que estão expostos diariamente;
13. Envolvimento dos trabalhadores nas medidas e estratégias de segurança e saúde adotadas pela empresa;
14. Recomenda-se o uso de protetores auditivos, sendo a sua utilização obrigatória, sempre que o nível de exposição diário $L_{Ex,8h}$ seja igual ou superior aos valores de ação superiores ($L_{Ex,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ e $L_{Cpico} = 135 \text{ dB(C)}$).
 - Os protetores auditivos a utilizar ao longo do período laboral poderão ser os tampões Earsoft em espuma de poliuretano alternando com o abafador auricular de cabeça Peltor X3, proporcionando assim um maior conforto. Os protetores também deverão ser usados por todos os indivíduos que se desloquem às instalações da oficina.

A implementação das medidas propostas nesta lista por parte do empregador permitirá certamente a redução dos níveis de ruído para valores mais baixos, possibilitando a melhoria das condições de saúde e segurança dos trabalhadores que aí operam.

Em relação a estudos futuros, complementares a este trabalho, sugere-se a realização de uma análise mais minuciosa dos níveis de ruído em indústrias metalomecânicas, nomeadamente: medição por tarefa, medição com base no posto de trabalho ou medição durante o dia inteiro de trabalho (8h).

Sugere-se também a avaliação dos níveis de ruído em diversos pontos destas oficinas, com o intuito de criar mapas de ruído, que permitam uma análise fácil e detalhada das emissões sonoras e da influência das diferentes fontes a que os trabalhadores estão expostos.

Por último, sugere-se um estudo para avaliar as vibrações transmitidas, ao corpo ou partes do corpo, por as máquinas ou equipamentos utilizados pelos trabalhadores destas indústrias, uma vez que esta variável também constitui um fator de risco com precursões graves para a saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blog Chr Acustica (29/08/2008) Tempo de Reverberação. Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em http://chracustica.zip.net/arch2008-08-24_2008-08-30.html [12]
- Acústica (s.d.) Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm>
- Acústica. O ruído II Transmissão I. Fichas Técnicas S&P. Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em http://www.solerpalau.pt/formacion_01_24.html
- Alves, C. E. G. (2012). O Impacto do ruído na Qualidade de Vida dos Enfermeiros de Cuidados Intensivos. (Dissertação de Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho). Lisboa. Instituto Politécnico. Escola Superior de Saúde de Lisboa.
- Anatomia do Ouvido (2006) MED-EL. Consultado em 7 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.medel.com/br/anatomy-of-the-ear>
- Arezes, P. M.F. M. (2002). Percepção de Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído. (Dissertação de Doutoramento Em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- Arezes, P. M. e Miguel, A. S. (2002) A exposição ocupacional ao ruído em Portugal Revista Portuguesa de Saúde Pública VOL. 20, Nº 1 — JANEIRO/JUNHO 2002. Riscos ocupacionais.
- Bento, E. F. M. (2011). A Incomodidade do Ruído: Relações com o Nível de Exposição Sonoro e Identidade de Lugar. (Dissertação de Mestrado Integrado em Psicologia). Universidade de Lisboa. Faculdade de Psicologia.
- Características das Ondas (s. d.). Consultado em 12 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html> [2]
- Cavaleiro, M. N. G. C (2006). Sustentabilidade na Terra, (8º ano). Vila Nova de Gaia: Edições ASA [3]

- Cesar, C. (2004) O Ruído e a Cidade. Instituto Português do Ambiente. Consultado em 5 de setembro de 2016. Disponível em https://www.apambiente.pt/zdata/DAR/Ruido/o_rudo_e_a_cidade.pdf
- Cimac (Comunidade Intermunicipal do Alentejo Central). Ambiente. (s.d.). Consultado em 15 de novembro de 2016. Disponível em <http://www.cimac.pt/pt/areas-cimac/ambiente-desenvolvimento/Paginas/Ambiente.aspx> [14]
- Conceitos e propriedades do som. 6º período UFAL/ARAPIRACA (s.d.). Consultado em 7 de setembro de 2016. Disponível em <http://slideplayer.com.br/slide/78835/>
- Costa, H. S. S. (2009). Exposição ao Ruído Ocupacional e Sua Repercussão na Saúde dos Trabalhadores da Empresa CMP- MACEIRA (Dissertação de Mestrado em Saúde Ocupacional). Coimbra. Faculdade de Medicina da Universidade.
- Costa, N. (2012) Conceitos Básicos em Acústica - Soma e Diferença de Níveis ÁUDIO E PRODUÇÃO. Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.soundzonemagazine.com/2012/03/conceitos-basicos-em-acustica-soma-e.html> [6]
- Couto, N. F. M. (2013). Caracterização da Variável Ruído e Hierarquização de Medidas de Proteção numa Indústria Metalomecânica (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais). Porto. Faculdade de Engenharia da Universidade. [16]
- Dias, E. M. (2007) Ruído nos Locais de Trabalho. Ruído; Vibrações; Iluminação nos Locais de Trabalho. Manual do Formando. Recursos Didáticos para a Formação em Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho.
- Direção Geral da Saúde (2013). Programa Nacional de saúde Ocupacional 2013-2017 (Portugal, Ministério da Saúde). Lisboa: Ministério da Saúde. Consultado em 7 de outubro de 2016. Disponível em <http://www.medialcare.pt/pt/noticia/83+1/programa-nacional-de-saude-ocupacional-2013-2017/>
- Efectos del ruido sobre las personas. Consultado em 20 de setembro de 2016. Disponível em

[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(4\)%20efectos%20del%20ruido/efectos%20del%20ruido%20en%20la%20audicion.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(4)%20efectos%20del%20ruido/efectos%20del%20ruido%20en%20la%20audicion.htm) [15]

- Fernandes, A.P.S. (2013) Ruído Ocupacional Avaliação de Ruído -Estaleiro Central da SETH, SA. (Projeto Individual Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho). Setúbal: Instituto Politécnico.

- Ferreira, C. (2012) Constituição do Ouvido Humano. Consultado em 7 de setembro de 2016. Disponível em <http://conceicaoferreira75.blogspot.pt/2012/04/constituicao-do-ouvido-humano.html>

- Filtros de ponderação em frequência para avaliação acústica (s. d.). Consultado em 20 de fevereiro de 2016. Disponível em <http://www.dbi.pt/sonometro/>

- Filtros de ponderação em frequência para avaliação acústica (s. d.) Consultado em 20 de fevereiro de 2016. Disponível em <http://www.dbwave.pt/filtros-de-ponderacao-em-frequencia-para-avaliacao-acustica/>

- Fudil, J. U. (2012) Curso de Especialização em de Segurança no trabalho M4 D3 Higiene do trabalho III. Guia de Estudos Parte II Exposição Ocupacional ao Ruído. Pitágoras Pós Graduação.

- Furet, R. (2013). Portal de Sonido. Consultado em 20 de fevereiro de 2016. Disponível em <https://www.bunker-audio.com/bunker-audio-portal-sonido-documentos.php?id=8> [10]

- HR Group. Consultado em 12 de novembro de 2016. Disponível em <http://www.hrproteccao.pt/public/PortalRender.aspx?PagelD=5edc8bcd-2542-4555-afd6-d91d80f3b914> [18]

- Intensidade sonora. (s.d.) Só Física. Consultado em 3 de setembro de 2006. Disponível em <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/intensidade.php>

- Jorge, C. (2009). Propriedades Físicas do Som. Consultado em 10 setembro de 2016. Disponível em http://mikrotech.blogspot.pt/2009_10_01_archive.html [5]

- Lopes, A. C. & Lauris, J. R. P. (2009) Investigação dos efeitos auditivos em trabalhadores expostos ao ruído ocupacional. São Paulo. Universidade. Consultado em

12 de outubro de 2016. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/26873039_Condicoes_de_saude_auditiva_no_trabalho_investigacao_dos_efeitos_auditivos_em_trabalhadores_expostos_ao_ruido_ocupacional

- Lorenzi, A. (2013) Psicoacústica. Viagem ao mundo da audição. Consultado em 7 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.cochlea.eu/po/som/psicoacustica>

- Lusa (28.02.2016) Doze em cada 100 portugueses expostos a níveis de ruído que afetam o sono. Consultado em 25 de setembro de 2016. Disponível em http://lifestyle.publico.pt/noticias/358591_doze-em-cada-100-portugueses-expostos-a-niveis-de-ruído-que-afectam-o-sono

- Macedo, R. (1988). Manual da Higiene do Trabalho na Industria. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian

- Mateus, D. (2008). Acústica de Edifícios e Controlo do Ruído. Consultado em 11 de outubro de 2016. Disponível em <https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf> [8]

- Miguel, A. S. S. R. (2006). Manual de Higiene e Segurança no Trabalho (12ª ed). Porto: Porto Editora

- Macedo, R. (1988). Manual da Higiene do Trabalho na Industria. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian

- Meldau, D. C. (2004) Ouvido (10ª edição Editora) Guanabara Koogan S.A. Consultado em 7 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.infoescola.com/audicao/ouvido/>

- Nossa difícil relação com o ruído (2013) Pneumo blog. Consultado em 5 de setembro de 2016. Disponível em <http://pneumotronic.blogspot.pt/2013/09/nossa-dificil-relacao-com-o-ruído.html> [7]

- Nunes, F. M. D. O. (2006). Segurança e Higiene no Trabalho. Manual Técnico (1ª ed.). Amadora: Edições Gustavo Eiffel. [4]

- Onda sonora. (s. d.). Consultado em 15 de setembro de 2016. Disponível em <http://3.bp.blogspot.com/->

1oN0nd6nHPs/T4MUv_QnKzl/AAAAAAAAAZA/Lik9ncS2W5s/s1600/human+ear+ouvido+humano.jpg [9]

- Padua, R. (s. d.). Conceitos e propriedades do som. 6º período UFAL / ARAPIRACA. Consultado em 15 de setembro de 2016. Disponível em <http://slideplayer.com.br/slide/3441250/> [11]

- Pascoa, S. F. (2015). Impacto do Ruído no Desempenho Cognitivo. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacional). Porto. Faculdade de Engenharia da Universidade.

- Pedro, R. (2006) A nova lei do ruído TECNOMETAL n.º 166 (Setembro/Outubro de 2006). Consultado em 12 de outubro de 2016. Disponível em http://www.factor-segur.pt/artigosA/artigos/artigo_completo_ruido.pdf

- Pereira, A. S. A. B. (2009). Avaliação da Exposição dos Trabalhadores ao Ruído (Análise de Casos). Universidade do Minho Escola de Ciências.

- Pinto, H.L.C. (2012-2013) Exposição ao Ruído Ocupacional em Meio Hospitalar – Open-Space Dissertação de Mestre em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais). Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade.

- Pinto, M. H. A. (2012) Caracterização Acústica de Grandes Auditórios -O caso do auditório da FEUP. (Dissertação de Mestre em Engenharia Civil-Especialização em Construção Civil) Porto: Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Consultado em 3 de setembro de 2016.

- Portugal, Assembleia da República (2009, Setembro, 10). Lei nº 102/2005, de 10 de setembro de 2006. Diário da República, 1.ª série (176)

Lei nº 102/2009, de 10 de setembro (promoção e prevenção da segurança e saúde no trabalho).

- Portugal. Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social (2006, setembro 6). Decreto-lei nº 182/2006, de 6 de setembro. Diário da República. 1ª série- nº 172

Decreto-lei 182/2006, de 6 de setembro (prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos, ruído)

- Propriedades do Som- (10 de dezembro de 2012) Reflexões Sucessivas- (4 de fevereiro de 2013). Consultado em 3 de setembro de 2016. Consultado em 4 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.yduka.com/sumarios-e-lico-es-8/item/reflex-som>
- Reflexão e Refração do som (s.d.) Brasil Escola Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/reflexao-refracao-som.htm>
- Ribeiro, B. L., Machado, A. A., Back, D. C. & Mitre, E.I. Perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados na indústria (s. d.). Consultado em 25 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.cefac.br/library/artigos/4994382af80a4b40a3fdd9dea3e405e9.pdf>
- Ruído (s. d.) Consultado em 6 de outubro de 2016. Disponível em http://www.ccdra.gov.pt/docs/ambiente/Doc_ruido.pdf
- Silêncio Negado (s. d.). Consultado em 5 de setembro de 2016. Disponível em <http://silencionegado.blogspot.pt/p/perturbacao-provocada-pelo-ruído.html>
- Silva, M. P. (1980). Os Efeitos do Ruído no Homem. Lisboa: Secretaria do estado do Ordenamento e Ambiente. Comissão Nacional de Ambiente.
- Soares, A. C. (2011) Som e características do som: Frequência, Amplitude e Timbre. Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em <https://anasoares1.wordpress.com/2011/01/31/som-e-caracteristicas-do-som-frequencia-amplitude-e-timbre/>
- Só Física. Ressonância. Consultado em 3 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/ressonancia.php>
- Soler & Palau, S.A. (2006) Acústica. O Ruído. Consultado em 15 de setembro de 2016. Disponível em http://www.solerpalau.pt/formacion_01_24.html
- Som. Fq.pt. (s. d.) Consultado em 15 de setembro de 2016. Disponível em <http://www.fq.pt/som> [1]
- Sonómetro Svantek 971 (s. d.) Consultado em 20 de fevereiro de 2016. Disponível em <http://www.dbi.pt/produtos/sonometro/sonometro-svantek-971/>

- Surdez é a segunda doença profissional em Portugal (2005). Consultado em 25 de setembro de 2016. Disponível em http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id_news=204692
- Svantek. Consultado em 20 de outubro de 2016. Disponível em <http://www.svantek.com/lang-en/products/> [13]
- Teixeira T, Teixeira T, Ferreira V, Moreira R, Pereira I, Correia A, Lopes M. (2016). Exposição dos Trabalhadores na Indústria Portuguesa ao Ruído: distinção entre setores industriais usando ANOVA. Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional online, volume 2, 1-8. Consultado em 20 de outubro de 2016. Disponível em <http://www.rpso.pt/exposicao-dos-trabalhadores-na-industria-portuguesa-ao-ruído-distincao-entre-setores-industriais-usando-anova/>
- Total Acoustic Solutions™. Consultado em 20 de outubro de 2016. Disponível em <http://www.totalacousticsolutions.in/acoustic-baffles.htm> [17]

ANEXOS

ANEXO I

Quadro 1

<p> Espaço reservado para o logotipo ou carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço </p>		
<p> Quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho¹ </p>		
<p> Empresa/Estabelecimento: Endereço: Nome do Trabalhador: Data de Nascimento: Sexo: Profissão: Data de admissão na empresa, estabelecimento ou serviço: Tempo de serviço em ambientes ruidosos: anos (estimativa) Sistema de segurança social: Beneficiário nº: </p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> $L_{EX,gh} = \text{dB(A)}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> $L_{EX,gh,ref} = \text{dB(A)}$ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> $\bar{L}_{EX,gh} = \text{dB(A)}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 5px;"> $L_{Cpico} = \text{dB(C)}$ </div> </div> <p> Assinatura do trabalhador: Data Assinatura do empregador: Data Data de avaliação: Sistema de medição utilizado na avaliação </p> <p>Método de ensaio:</p>		
<p>Nome do autor da avaliação:</p> <p>Assinatura:</p>		

- 1 Juntar em anexo:
 - a) Informação relativa ao instrumento de medição: marca, tipo, classe de exatidão, despacho de aprovação do modelo e comprovativo da verificação metrológica atualizada.
 - b) Características do protetor auditivo utilizado, designadamente, marca, modelo e atenuação.

Quadro 2

Espaço reservado para o logotipo ou carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço				
<p align="center">Quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho</p>				
Empresa: Endereço:				
Descrição das actividades do trabalhador na empresa, estabelecimento ou serviço Nome da zona de trabalho:	Tempo de amostragem (minuto) na medição de ruído T_k Nota: Nestas medições com a máxima exactidão será: $T_k = T_k = T_k$	T_k Tempo de exposição (hora /dia) ao ruído "k" Nota: Quando seja necessário medir separadamente "k" ruídos diferentes será: $T_e = \sum T_k$	$L_{Aeq,Tk}$ em dB (A) Nota: Nestas condições calcular pela fórmula do nº6 do Anexo I o valor de: $L_{max,10}$	L_{Cpiso} Em dB(C)
a)				
b)				
c)				
d)				
e)				
f)				
g)				
h)				
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho $T_n =$ h/dia	Exposição pessoal diária $L_{max,10} =$ dB(A)	$L_{C40} =$ dB(C)
Nota : Os valores finais, em especial os da exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho, $L_{max,10}$, e o valor máximo do nível do pino sonoro serão registados nesta página, desde que o trabalhador permaneça diariamente, durante o trabalho, na zona de trabalho nela referida. Caso contrário, haverá que preencher novas páginas e registar na última os valores finais apurados.				
Nome do autor da medição:				

ANEXO II

Quadro 1

Espaço reservado para o logotipo ou carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço								
Quadro da selecção de protectores auditivos em função da atenuação por bandas de oitava indicada pelo fabricante								
Ruído "k": Tempo de exposição do trabalhador a este ruído $T_k =$ horas / dia	Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava.							
Local/posto de trabalho:								
Nome do trabalhador:								
Bandas de oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
$L_{Aeq,Tk}$ (Espectro ponderado A)								
Atenuações médias do protector auditivo, indicado pelo fabricante	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante, multiplicados por	x2	x2	x2	x2	x2	x2	x2	x2
L_n (Níveis globais, por banda de oitava)								

$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \lg \sum_n 10^{0,1 L_n}$ $L_{Aeq,Tk,efect} = \quad \text{dB(A)}$ <p>(Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do n.º 2 do Anexo V.)</p> <p>Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, $L_{Aeq,Tk,efect}$ em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante T_k hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores $L_{Aeq,Tk,efect}$ a expressão definida na alínea d) do n.º 2 do Anexo V.</p> $L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$
Nome do autor da medição: Assinatura:

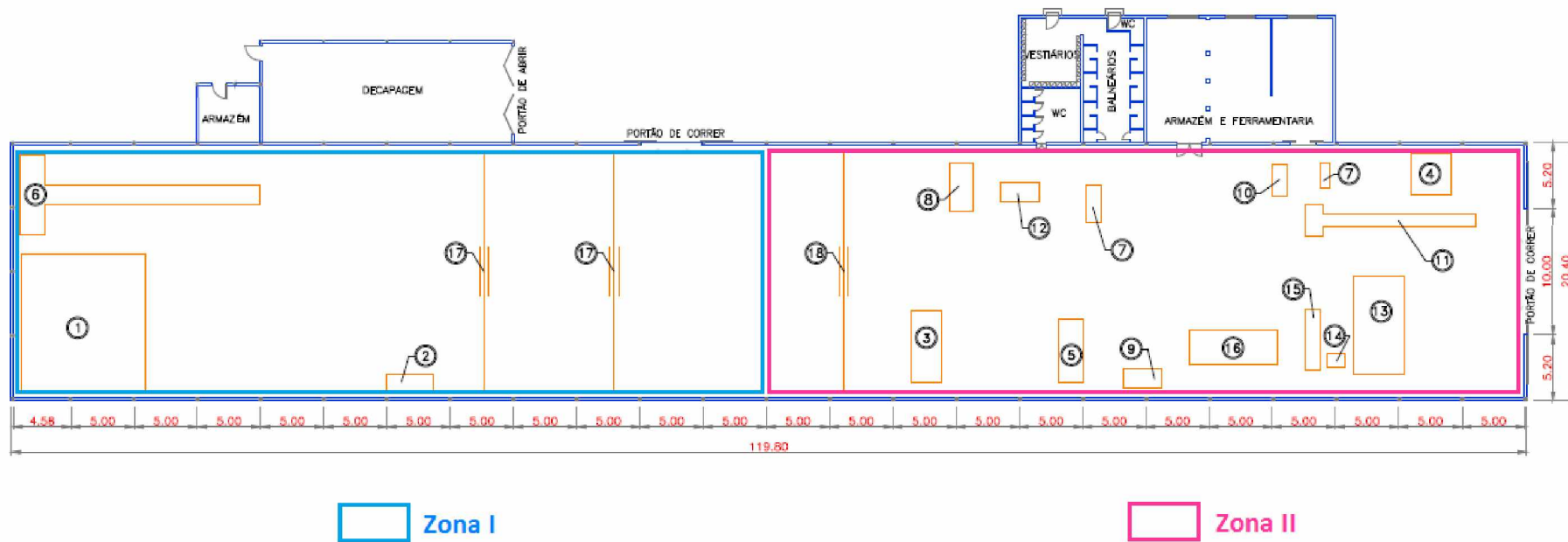
Planta da oficina de metalomecânica



N.º SEQ.	EQUIPAMENTO	Potência kW
13	Calandra de 3,0m	30
14	Guilhotina	20
15	Calandra de 2,5m	15
16	Guilhotina	45
17	Ponte rolante – Cap. 5 Tn.	3.5
18	Ponte rolante – Cap. 10 Tn.	7.5

ANEXO IV

Planta da oficina de metalomecânica – Zonas de estudo



ANEXO V

Valores L_{Aeq} , L_{CPico} e $L_{EX,8h}$ – Zona I

Amostra	Dia	Hora	Zona	Δt (min.)	$L_{Aeq,tk}$ (dB(A))	L_{CPico} (dBb(C))	$L_{EX,8h}$ (dB(A))
1	07-mar	09:40	1	10	92,1	127	91,8
2	07-mar	14:46	1	10	89,4	112,6	89,1
3	08-mar	08:55	1	10	91,5	123,2	91,2
4	08-mar	14:54	1	10	85,9	117	85,6
5	09-mar	09:10	1	10	85,3	112	85,0
6	09-mar	14:29	1	10	88,7	116,5	88,4
7	10-mar	09:29	1	10	82,2	108	81,9
8	10-mar	15:11	1	10	89,3	117,5	89,0
9	11-mar	12:15	1	10	82,4	110,8	82,1
10	11-mar	14:59	1	10	86,8	120,6	86,5
11	14-mar	10:44	1	10	80,2	117,9	79,9
12	14-mar	15:11	1	10	82	113,7	81,7
13	15-mar	11:06	1	10	92,7	121	92,4
14	15-mar	15:51	1	10	90,8	123,4	90,5
15	16-mar	12:18	1	10	94	120,4	93,7
16	16-mar	15:59	1	10	90,6	122,9	90,3
17	17-mar	12:25	1	10	88,1	118,5	87,8
18	17-mar	15:28	1	10	89,7	122,5	89,4
19	18-mar	12:17	1	10	81,3	108,4	81,0
20	18-mar	15:41	1	10	92,1	123,7	91,8
21	21-mar	12:08	1	10	82,2	115,7	81,9
22	21-mar	16:05	1	10	91,2	123,3	90,9
23	22-mar	10:45	1	10	82,3	117	82,0
24	22-mar	14:47	1	10	78,7	110,7	78,4
25	23-mar	12:25	1	10	89,9	120,4	89,6
26	23-mar	16:04	1	10	86,8	119,6	86,5
27	24-mar	11:43	1	10	78	114	77,7
28	24-mar	15:34	1	10	82,3	123,3	82,0
29	28-mar	10:20	1	10	87,7	121,6	87,4
30	28-mar	14:46	1	10	85,9	116,1	85,6
31	29-mar	11:35	1	11	90,3	116,3	90,0
32	29-mar	15:48	1	10	88,5	115	88,2
33	30-mar	11:47	1	10	89,5	117,4	89,2
34	30-mar	15:59	1	10	78	109,8	77,7
Valor mais alto:						127 dB(C)	93,7 dB(A)

Valores L_{Aeq} , L_{CPico} e $L_{EX,8h}$ – Zona II

Amostra	Dia	Hora	Zona	Δt (min.)	$L_{Aeq,tk}$ (dB(A))	L_{CPico} (dBb(C))	$L_{EX,8h}$ (dB(A))
1	07-mar	10:51	2	10	87,7	130,5	87,4
2	07-mar	14:58	2	10	82,1	112,9	81,8
3	08-mar	08:41	2	11	83,1	110,9	82,8
4	08-mar	14:41	2	10	77,4	110,8	77,1
5	09-mar	08:57	2	10	84,6	112,8	84,3
6	09-mar	14:42	2	10	86,8	121,9	86,5
7	10-mar	10:21	2	10	87,5	115,5	87,2
8	10-mar	15:26	2	10	82	119,3	81,7
9	11-mar	12:04	2	10	79,9	109,5	79,6
10	11-mar	15:38	2	10	80,6	113,6	80,3
11	14-mar	10:32	2	10	85,7	109,8	85,4
12	14-mar	15:23	2	10	81,6	121,3	81,3
13	15-mar	11:18	2	10	91,8	118,2	91,5
14	15-mar	16:02	2	10	86,8	112,2	86,5
15	16-mar	12:29	2	10	83	106,8	82,7
16	16-mar	16:11	2	10	84,1	113,8	83,8
17	17-mar	12:37	2	10	86,6	119,6	86,3
18	17-mar	15:15	2	11	82,6	113,5	82,3
19	18-mar	12:05	2	10	78,6	111,2	78,3
20	18-mar	15:29	2	10	86,1	123,4	85,8
21	21-mar	11:56	2	10	82,8	117,3	82,5
22	21-mar	16:17	2	10	79,9	110,2	79,6
23	22-mar	11:12	2	10	76,5	103,5	76,2
24	22-mar	14:36	2	10	87,7	114,4	87,4
25	23-mar	12:13	2	10	77,9	111,5	77,6
26	23-mar	15:52	2	10	80,2	109,5	79,9
27	24-mar	11:29	2	10	81,1	109,1	80,8
28	24-mar	15:19	2	10	76	116,7	75,7
29	28-mar	10:09	2	10	79,1	111,2	78,8
30	28-mar	14:56	2	10	78,9	105,8	78,6
31	29-mar	10:48	2	11	80,3	104,1	80,0
32	29-mar	15:36	2	10	83,5	116,7	83,2
33	30-mar	10:37	2	10	82,3	104,7	82,0
34	30-mar	15:24	2	10	83	117,2	82,7

Valor mais alto:

130,5 dB(C)

91,5 dB(A)

ANEXO VI

Nível de pressão sonora contínuo equivalente ($L_{Aeq,f,Tk}$) em bandas de oitava – Zona I

Amostra	Dia	L _{aeq,tk} (dB(A))	LC _{pico} (dBb(C))	Análise Espectral em Bandas de Oitava							
				Valores de L _{Aeq,f,Tk} (dB)							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	07-mar	92,1	127	40,4	59,9	63,5	74,8	83,9	86,7	87,8	84,8
2	07-mar	89,4	112,6	39,9	49,7	60	72,2	85,2	85,5	81,8	74,8
3	08-mar	91,5	123,2	46,2	61,4	71,3	80,2	85,3	88	84,6	75,6
4	08-mar	85,9	117	46,4	62,4	70	76,5	80,7	82,2	77,1	64,6
5	09-mar	85,3	112	42,8	55,2	64,4	72	78,3	81,9	79,7	70,9
6	09-mar	88,7	116,5	41,4	56,9	69,2	78	82,3	84,6	83,3	72,1
7	10-mar	82,2	108	34,7	48,3	57,4	67,2	75,5	78,5	76,7	69
8	10-mar	89,3	117,5	43,8	61,2	72,6	78,7	84,7	85,4	81	71,6
9	11-mar	82,4	110,8	41,2	51,7	61,1	71,3	76,2	78,2	76,6	68,7
10	11-mar	86,8	120,6	42,7	54,4	65,1	74	81,5	83	79,9	71,6
11	14-mar	80,2	117,9	37,7	52,8	66,8	78,5	85,5	86,5	82,7	72,7
12	14-mar	82	113,7	36,3	49,5	61,3	69,7	74,7	77,6	77,2	69,6
13	15-mar	92,7	121	39,5	55,4	70,7	82,9	87,8	88,5	85,5	74,8
14	15-mar	90,8	123,4	36,8	58,4	70,4	79,2	84,7	86,9	84,9	75,1
15	16-mar	94	120,4	43,3	53,5	66,1	76,5	84,2	90,4	90	82,6
16	16-mar	90,6	122,9	39,8	52,4	65,4	74,8	78,3	86,4	86,9	80,8
17	17-mar	88,1	118,5	37,5	50,6	64,5	75,1	82,3	85,2	80,1	71,1
18	17-mar	89,7	122,5	41,6	54,5	67,4	77,3	83,2	86,8	82,7	71,9
19	18-mar	81,3	108,4	36,1	47,2	58,4	68,7	74,3	76,6	76,6	70,7
20	18-mar	92,1	123,7	48,5	62,7	76,1	84,2	86,8	87,9	83,5	74,2
21	21-mar	82,2	115,7	33,2	44,5	56,4	69	72,5	78,6	77,2	72,3
22	21-mar	91,2	123,3	39	54,7	70,8	79,8	82,8	87	86,5	78,7
23	22-mar	82,3	117	38,7	52,8	61	69,7	74,3	79,3	76,3	68,2
24	22-mar	78,7	110,7	37,7	49,5	58,5	67,5	70,8	74,9	73,8	63,8
25	23-mar	89,9	120,4	34,7	54,1	69,2	77,4	83,6	86,8	82,8	75,3
26	23-mar	86,8	119,6	38,8	50,6	61,4	72,4	79,9	83,9	80,4	71,3
27	24-mar	78	114	33,4	48,5	59,3	68,5	71,3	74,4	71,4	62,8
28	24-mar	82,3	123,3	37,6	49	59,1	75,2	78,6	76,8	72,2	61,7
29	28-mar	87,7	121,6	51,9	63,4	74,1	80,2	82,6	83,3	77,5	66,6
30	28-mar	85,9	116,1	38,6	52,8	64,5	72,3	77,7	83,5	79	71,7
31	29-mar	90,3	116,3	38,5	54,7	67,9	78	83	86,4	85,1	76,9
32	29-mar	88,5	115	38,4	47,9	59,4	70,3	77,3	85,6	84,2	75,4
33	30-mar	89,5	117,4	38,9	51,4	65,1	71,9	82,2	86,5	83,8	76,1
34	30-mar	78	109,8	43,8	52,4	58,8	66,4	71,5	74,4	71,9	63,4

Nível de pressão sonora contínuo equivalente ($L_{Aeq,f,Tk}$) em bandas de oitava – Zona II

Amostra	Dia	$L_{Aeq,tk}$ (dB(A))	L_{Cpico} (dBb(C))	Análise espectral em bandas de oitava							
				Valores de $L_{Aeq,f,Tk}$ (dB)							
				63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	07-mar	87,7	130,5	36,7	48,9	62,9	73,6	80,9	84,2	82	74
2	07-mar	82,1	112,9	40,3	51,6	51	69,2	79,3	77,1	72,5	61,7
3	08-mar	83,1	110,9	38	50,6	59,1	69,9	76,9	79,9	76,2	68,7
4	08-mar	77,4	110,8	41,4	51,5	59,9	67,9	72,3	74	68,4	56,3
5	09-mar	84,6	112,8	39,6	55,1	66,4	74,9	80,5	80,9	73,2	58,7
6	09-mar	86,8	121,9	42,6	56	71	79,5	81,9	82,3	77,6	65,5
7	10-mar	87,5	115,5	39,7	51,9	63,4	74,4	80,4	83,6	82,2	75,3
8	10-mar	82	119,3	39,3	51,1	62,6	71,3	76,9	78,5	73,6	63,1
9	11-mar	79,9	109,5	36,8	44,6	61,5	70,3	75,7	75,8	70,8	58,4
10	11-mar	80,6	113,6	38	51,2	58,6	66,2	73,7	78,2	72,8	64,3
11	14-mar	85,7	109,8	34,9	49	60,9	71,5	78,7	81,9	80,6	73,2
12	14-mar	81,6	121,3	39,5	50,7	62	72	76,8	78	72,2	62,9
13	15-mar	91,8	118,2	41,2	51,3	70,4	82,1	88,7	86,5	81,6	70,6
14	15-mar	86,8	112,2	36,4	54,3	67,7	75,8	80,6	83,2	79,8	73,1
15	16-mar	83	106,8	41,3	51,7	65,9	71,2	74,7	77,8	78	74,7
16	16-mar	84,1	113,8	38,7	51	60,6	69,4	74,6	79,4	79,2	76,5
17	17-mar	86,6	119,6	47,1	53,7	62,9	74,8	80,9	83,1	79,2	73,5
18	17-mar	82,6	113,5	42,2	53,1	62,5	71,5	77,4	79,3	74,3	61,4
19	18-mar	78,6	111,2	39,7	53,2	58,9	67,5	73	74	71,4	69,3
20	18-mar	86,1	123,4	44,1	55,5	65,7	74,4	79,2	82,9	79,7	69
21	21-mar	82,8	117,3	37,8	57,1	65,2	73,3	78,3	78,4	74,8	63,2
22	21-mar	79,9	110,2	39	49,5	56,9	67	73,8	76,7	73,4	63,4
23	22-mar	76,5	103,5	38,1	49,8	59,9	67,6	71,5	72,3	68,5	55,9
24	22-mar	87,7	114,4	37,6	49,2	64,5	75,1	79,7	83,6	83,1	76,5
25	23-mar	77,9	111,5	33,3	44,2	59	68,3	72,7	73,6	70,7	63,8
26	23-mar	80,2	109,5	40	50,7	61,3	69,4	74,6	77,1	71,7	60,4
27	24-mar	81,1	109,1	33,8	47,5	60,9	69,5	75,2	77,3	74,4	67,8
28	24-mar	76	116,7	35,3	47,9	57	65,3	70	72,5	68,9	59
29	28-mar	79,1	111,2	38,1	49,1	61,5	70,6	74,2	75,1	70,2	59
30	28-mar	78,9	105,8	37,6	47,9	57,7	66,7	71,7	75,7	72,3	66,5
31	29-mar	80,3	104,1	40,3	46,4	56,2	66,6	73,6	66,7	77,8	69,6
32	29-mar	83,5	116,7	38,2	47,1	57,6	68,1	75,8	80,2	78,5	69
33	30-mar	82,3	104,7	45,1	53,9	62,3	71,3	75,7	79	75,4	69
34	30-mar	83	117,2	43,3	54,1	61,3	69,7	76,4	79,9	76,6	65,3

ANEXO VII

ANÁLISE - TAMPÃO EARSOFT (Espuma de Poliuretano)



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – Zona I

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	91,8	3,3	16,1	14	26,2	36,6	41,1	39,5	32,1	44,5	44,3
2	89,1	2,8	5,9	10,5	23,6	37,9	39,9	33,5	22,1	42,7	42,4
3	91,2	9,1	17,6	21,8	31,6	38	42,4	36,3	22,9	44,7	44,5
4	85,6	9,3	18,6	20,5	27,9	33,4	36,6	28,8	11,9	39,2	38,9
5	85,0	5,7	11,4	14,9	23,4	31	36,3	31,4	18,2	38,6	38,3
6	88,4	4,3	13,1	19,7	29,4	35	39	35	19,4	41,9	41,6
7	81,9	-2,4	4,5	7,9	18,6	28,2	32,9	28,4	16,3	35,3	35,1
8	89,0	6,7	17,4	23,1	30,1	37,4	39,8	32,7	18,9	42,6	42,3
9	82,1	4,1	7,9	11,6	22,7	28,9	32,6	28,3	16	35,5	35,2
10	86,5	5,6	10,6	15,6	25,4	34,2	37,4	31,6	18,9	40,0	39,7
12	81,7	-0,8	5,7	11,8	21,1	27,4	32	28,9	16,9	34,9	34,6
13	92,4	2,4	11,6	21,2	34,3	40,5	42,9	37,2	22,1	45,9	45,6
14	90,5	-0,3	14,6	20,9	30,6	37,4	41,3	36,6	22,4	44,0	43,7
15	93,7	6,2	9,7	16,6	27,9	36,9	44,8	41,7	29,9	47,1	46,8
16	90,3	2,7	8,6	15,9	26,2	31	40,8	38,6	28,1	43,4	43,1
17	87,8	0,4	6,8	15	26,5	35	39,6	31,8	18,4	41,6	41,3
18	89,4	4,5	10,7	17,9	28,7	35,9	41,2	34,4	19,2	43,2	42,9
19	81,0	-1	3,4	8,9	20,1	27	31	28,3	18	34,2	33,9
20	91,8	11,4	18,9	26,6	35,6	39,5	42,3	35,2	21,5	45,3	45,0
21	81,9	-3,9	0,7	6,9	20,4	25,2	33	28,9	19,6	35,2	34,9
22	90,9	1,9	10,9	21,3	31,2	35,5	41,4	38,2	26	44,1	43,8
23	82,0	1,6	9	11,5	21,1	27	33,7	28	15,5	35,6	35,4
25	89,6	-2,4	10,3	19,7	28,8	36,3	41,2	34,5	22,6	43,3	43,0
26	86,5	1,7	6,8	11,9	23,8	32,6	38,3	32,1	18,6	40,2	39,9
28	82,0	0,5	5,2	9,6	26,6	31,3	31,2	23,9	9	35,3	35,0
29	87,4	14,8	19,6	24,6	31,6	35,3	37,7	29,2	13,9	40,8	40,5
30	85,6	1,5	9	15	23,7	30,4	37,9	30,7	19	39,4	39,2
31	90,0	1,4	10,9	18,4	29,4	35,7	40,8	36,8	24,2	43,4	43,1
32	88,2	1,3	4,1	9,9	21,7	30	40	35,9	22,7	41,8	41,5
33	89,2	1,8	7,6	15,6	23,3	34,9	40,9	35,5	23,4	42,9	42,6

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)): 33,9 - 46,8

ANÁLISE - TAMPÃO EARSOFT (Espuma de Poliuretano)



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – Zona II

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	87,4	-0,4	5,1	13,4	25	33,6	38,6	33,7	21,3	40,9	40,6
2	81,8	3,2	7,8	1,5	20,6	32	31,5	24,2	9	35,3	35,0
3	82,8	0,9	6,8	9,6	21,3	29,6	34,3	27,9	16	36,4	36,2
5	84,3	2,5	11,3	16,9	26,3	33,2	35,3	24,9	6	38,0	37,7
6	86,5	5,5	12,2	21,5	30,9	34,6	36,7	29,3	12,8	39,9	39,6
7	87,2	2,6	8,1	13,9	25,8	33,1	38	33,9	22,6	40,6	40,3
8	81,7	2,2	7,3	13,1	22,7	29,6	32,9	25,3	10,4	35,3	35,1
10	80,3	0,9	7,4	9,1	17,6	26,4	32,6	24,5	11,6	34,2	33,9
11	85,4	-2,2	5,2	11,4	22,9	31,4	36,3	32,3	20,5	38,8	38,6
12	81,3	2,4	6,9	12,5	23,4	29,5	32,4	23,9	10,2	35,0	34,7
13	91,5	4,1	7,5	20,9	33,5	41,4	40,9	33,3	17,9	44,9	44,6
14	86,5	-0,7	10,5	18,2	27,2	33,3	37,6	31,5	20,4	40,0	39,7
15	82,7	4,2	7,9	16,4	22,6	27,4	32,2	29,7	22	35,5	35,2
16	83,8	1,6	7,2	11,1	20,8	27,3	33,8	30,9	23,8	36,6	36,3
17	86,3	10	9,9	13,4	26,2	33,6	37,5	30,9	20,8	39,9	39,6
18	82,3	5,1	9,3	13	22,9	30,1	33,7	26	8,7	36,0	35,7
20	85,8	7	11,7	16,2	25,8	31,9	37,3	31,4	16,3	39,4	39,2
21	82,5	0,7	13,3	15,7	24,7	31	32,8	26,5	10,5	36,0	35,7
24	87,4	0,5	5,4	15	26,5	32,4	38	34,8	23,8	40,7	40,4
27	80,8	-3,3	3,7	11,4	20,9	27,9	31,7	26,1	15,1	34,3	34,0
31	80,0	3,2	2,6	6,7	18	26,3	21,1	29,5	16,9	32,0	31,7
32	83,2	1,1	3,3	8,1	19,5	28,5	34,6	30,2	16,3	36,8	36,5
33	82,0	8	10,1	12,8	22,7	28,4	33,4	27,1	16,3	35,6	35,4
34	82,7	6,2	10,3	11,8	21,1	29,1	34,3	28,3	12,6	36,4	36,1

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)): 31,7 - 44,6

ANÁLISE - TAMPÃO REUTILIZÁVEL ULTRAFIT (Polímero)



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – Zona I

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	91,8	-0,8	15,7	20,9	32	41,6	44,2	31,5	27,2	46,5	46,2
2	89,1	-1,3	5,5	17,4	29,4	42,9	43	25,5	17,2	46,1	45,8
3	91,2	5	17,2	28,7	37,4	43	45,5	28,3	18	48,0	47,7
4	85,6	5,2	18,2	27,4	33,7	38,4	39,7	20,8	7	42,9	42,6
5	85,0	1,6	11	21,8	29,2	36	39,4	23,4	13,3	41,4	41,2
6	88,4	0,2	12,7	26,6	35,2	40	42,1	27	14,5	44,8	44,6
7	81,9	-6,5	4,1	14,8	24,4	33,2	36	20,4	11,4	38,1	37,9
8	89,0	2,6	17	30	35,9	42,4	42,9	24,7	14	46,2	46,0
9	82,1	0	7,5	18,5	28,5	33,9	35,7	20,3	11,1	38,5	38,2
10	86,5	1,5	10,2	22,5	31,2	39,2	40,5	23,6	14	43,3	43,0
12	81,7	-4,9	5,3	18,7	26,9	32,4	35,1	20,9	12	37,5	37,3
13	92,4	-1,7	11,2	28,1	40,1	45,5	46	29,2	17,2	49,4	49,1
14	90,5	-4,4	14,2	27,8	36,4	42,4	44,4	28,6	17,5	47,0	46,8
15	93,7	2,1	9,3	23,5	33,7	41,9	47,9	33,7	25	49,2	48,9
16	90,3	-1,4	8,2	22,8	32	36	43,9	30,6	23,2	45,0	44,7
17	87,8	-3,7	6,4	21,9	32,3	40	42,7	23,8	13,5	44,9	44,6
18	89,4	0,4	10,3	24,8	34,5	40,9	44,3	26,4	14,3	46,3	46,0
19	81,0	-5,1	3	15,8	25,9	32	34,1	20,3	13,1	36,7	36,5
20	91,8	7,3	18,5	33,5	41,4	44,5	45,4	27,2	16,6	49,0	48,7
21	81,9	-8	0,3	13,8	26,2	30,2	36,1	20,9	14,7	37,6	37,3
22	90,9	-2,2	10,5	28,2	37	40,5	44,5	30,2	21,1	46,7	46,4
23	82,0	-2,5	8,6	18,4	26,9	32	36,8	20	10,6	38,5	38,2
25	89,6	-6,5	9,9	26,6	34,6	41,3	44,3	26,5	17,7	46,5	46,2
26	86,5	-2,4	6,4	18,8	29,6	37,6	41,4	24,1	13,7	43,2	42,9
28	82,0	-3,6	4,8	16,5	32,4	36,3	34,3	15,9	4,1	39,4	39,2
29	87,4	10,7	19,2	31,5	37,4	40,3	40,8	21,2	9	44,8	44,5
30	85,6	-2,6	8,6	21,9	29,5	35,4	41	22,7	14,1	42,4	42,1
31	90,0	-2,7	10,5	25,3	35,2	40,7	43,9	28,8	19,3	46,1	45,8
32	88,2	-2,8	3,7	16,8	27,5	35	43,1	27,9	17,8	44,0	43,7
33	89,2	-2,3	7,2	22,5	29,1	39,9	44	27,5	18,5	45,6	45,3

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)): 36,5 - 49,1

ANÁLISE - TAMPÃO REUTILIZÁVEL ULTRAFIT (Polímero)

Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – **Zona II**



Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	87,4	-4,5	4,7	20,3	30,8	38,6	41,7	25,7	16,4	43,8	43,5
2	81,8	-0,9	7,4	8,4	26,4	37	34,6	16,2	4,1	39,2	39,0
3	82,8	-3,2	6,4	16,5	27,1	34,6	37,4	19,9	11,1	39,6	39,3
5	84,3	-1,6	10,9	23,8	32,1	38,2	38,4	16,9	1,1	41,9	41,6
6	86,5	1,4	11,8	28,4	36,7	39,6	39,8	21,3	7,9	43,8	43,6
7	87,2	-1,5	7,7	20,8	31,6	38,1	41,1	25,9	17,7	43,3	43,0
8	81,7	-1,9	6,9	20	28,5	34,6	36	17,3	5,5	38,9	38,6
10	80,3	-3,2	7	16	23,4	31,4	35,7	16,5	6,7	37,3	37,1
11	85,4	-6,3	4,8	18,3	28,7	36,4	39,4	24,3	15,6	41,5	41,2
12	81,3	-1,7	6,5	19,4	29,2	34,5	35,5	15,9	5,3	38,7	38,4
13	91,5	0	7,1	27,8	39,3	46,4	44	25,3	13	48,9	48,7
14	86,5	-4,8	10,1	25,1	33	38,3	40,7	23,5	15,5	43,2	43,0
15	82,7	0,1	7,5	23,3	28,4	32,4	35,3	21,7	17,1	38,0	37,7
16	83,8	-2,5	6,8	18	26,6	32,3	36,9	22,9	18,9	38,7	38,4
17	86,3	5,9	9,5	20,3	32	38,6	40,6	22,9	15,9	43,2	42,9
18	82,3	1	8,9	19,9	28,7	35,1	36,8	18	3,8	39,5	39,2
20	85,8	2,9	11,3	23,1	31,6	36,9	40,4	23,4	11,4	42,5	42,2
21	82,5	-3,4	12,9	22,6	30,5	36	35,9	18,5	5,6	39,7	39,4
24	87,4	-3,6	5	21,9	32,3	37,4	41,1	26,8	18,9	43,2	42,9
27	80,8	-7,4	3,3	18,3	26,7	32,9	34,8	18,1	10,2	37,5	37,2
31	80,0	-0,9	2,2	13,6	23,8	31,3	24,2	21,5	12	33,1	32,8
32	83,2	-3	2,9	15	25,3	33,5	37,7	22,2	11,4	39,4	39,1
33	82,0	3,9	9,7	19,7	28,5	33,4	36,5	19,1	11,4	38,8	38,5
34	82,7	2,1	9,9	18,7	26,9	34,1	37,4	20,3	7,7	39,4	39,1

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)): 32,8 - 48,7

ANÁLISE - TAMPÃO REUTILIZÁVEL ULTRAFIT 20 (Silicone hipoalérgico)



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – **Zona I**

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	91,8	23	41,9	43,8	50	53,8	50,6	41,5	40,6	57,2	56,9
2	89,1	22,5	31,7	40,3	47,4	55,1	49,4	35,5	30,6	56,8	56,6
3	91,2	28,8	43,4	51,6	55,4	55,2	51,9	38,3	31,4	60,0	59,8
4	85,6	29	44,4	50,3	51,7	50,6	46,1	30,8	20,4	56,4	56,2
5	85,0	25,4	37,2	44,7	47,2	48,2	45,8	33,4	26,7	52,9	52,6
6	88,4	24	38,9	49,5	53,2	52,2	48,5	37	27,9	57,4	57,1
7	81,9	17,3	30,3	37,7	42,4	45,4	42,4	30,4	24,8	48,9	48,6
8	89,0	26,4	43,2	52,9	53,9	54,6	49,3	34,7	27,4	59,2	59,0
9	82,1	23,8	33,7	41,4	46,5	46,1	42,1	30,3	24,5	50,8	50,5
10	86,5	25,3	36,4	45,4	49,2	51,4	46,9	33,6	27,4	54,9	54,7
12	81,7	18,9	31,5	41,6	44,9	44,6	41,5	30,9	25,4	49,6	49,3
13	92,4	22,1	37,4	51	58,1	57,7	52,4	39,2	30,6	61,9	61,6
14	90,5	19,4	40,4	50,7	54,4	54,6	50,8	38,6	30,9	59,1	58,9
15	93,7	25,9	35,5	46,4	51,7	54,1	54,3	43,7	38,4	58,8	58,5
16	90,3	22,4	34,4	45,7	50	48,2	50,3	40,6	36,6	55,2	54,9
17	87,8	20,1	32,6	44,8	50,3	52,2	49,1	33,8	26,9	55,9	55,6
18	89,4	24,2	36,5	47,7	52,5	53,1	50,7	36,4	27,7	57,5	57,3
19	81,0	18,7	29,2	38,7	43,9	44,2	40,5	30,3	26,5	48,6	48,3
20	91,8	31,1	44,7	56,4	59,4	56,7	51,8	37,2	30	62,9	62,7
21	81,9	15,8	26,5	36,7	44,2	42,4	42,5	30,9	28,1	48,4	48,1
22	90,9	21,6	36,7	51,1	55	52,7	50,9	40,2	34,5	58,9	58,6
23	82,0	21,3	34,8	41,3	44,9	44,2	43,2	30	24	49,8	49,5
25	89,6	17,3	36,1	49,5	52,6	53,5	50,7	36,5	31,1	57,9	57,7
26	86,5	21,4	32,6	41,7	47,6	49,8	47,8	34,1	27,1	53,7	53,4
28	82,0	20,2	31	39,4	50,4	48,5	40,7	25,9	17,5	53,1	52,8
29	87,4	34,5	45,4	54,4	55,4	52,5	47,2	31,2	22,4	59,5	59,2
30	85,6	21,2	34,8	44,8	47,5	47,6	47,4	32,7	27,5	53,1	52,8
31	90,0	21,1	36,7	48,2	53,2	52,9	50,3	38,8	32,7	57,7	57,4
32	88,2	21	29,9	39,7	45,5	47,2	49,5	37,9	31,2	52,9	52,6
33	89,2	21,5	33,4	45,4	47,1	52,1	50,4	37,5	31,9	55,7	55,4

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)): **48,1 - 62,7**

ANÁLISE - TAMPÃO REUTILIZÁVEL ULTRAFIT 20 (Silicone hipoalérgico)



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – **Zona II**

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	87,4	19,3	30,9	43,2	48,8	50,8	48,1	35,7	29,8	54,6	54,3
2	81,8	22,9	33,6	31,3	44,4	49,2	41	26,2	17,5	51,1	50,8
3	82,8	20,6	32,6	39,4	45,1	46,8	43,8	29,9	24,5	50,6	50,4
5	84,3	22,2	37,1	46,7	50,1	50,4	44,8	26,9	14,5	54,7	54,4
6	86,5	25,2	38	51,3	54,7	51,8	46,2	31,3	21,3	58,0	57,7
7	87,2	22,3	33,9	43,7	49,6	50,3	47,5	35,9	31,1	54,6	54,3
8	81,7	21,9	33,1	42,9	46,5	46,8	42,4	27,3	18,9	51,2	50,9
10	80,3	20,6	33,2	38,9	41,4	43,6	42,1	26,5	20,1	48,0	47,7
11	85,4	17,5	31	41,2	46,7	48,6	45,8	34,3	29	52,4	52,2
12	81,3	22,1	32,7	42,3	47,2	46,7	41,9	25,9	18,7	51,3	51,0
13	91,5	23,8	33,3	50,7	57,3	58,6	50,4	35,3	26,4	61,7	61,5
14	86,5	19	36,3	48	51	50,5	47,1	33,5	28,9	55,6	55,3
15	82,7	23,9	33,7	46,2	46,4	44,6	41,7	31,7	30,5	51,3	51,0
16	83,8	21,3	33	40,9	44,6	44,5	43,3	32,9	32,3	49,8	49,6
17	86,3	29,7	35,7	43,2	50	50,8	47	32,9	29,3	54,8	54,5
18	82,3	24,8	35,1	42,8	46,7	47,3	43,2	28	17,2	51,6	51,3
20	85,8	26,7	37,5	46	49,6	49,1	46,8	33,4	24,8	54,3	54,0
21	82,5	20,4	39,1	45,5	48,5	48,2	42,3	28,5	19	53,0	52,7
24	87,4	20,2	31,2	44,8	50,3	49,6	47,5	36,8	32,3	54,7	54,4
27	80,8	16,4	29,5	41,2	44,7	45,1	41,2	28,1	23,6	49,5	49,3
31	80,0	22,9	28,4	36,5	41,8	43,5	30,6	31,5	25,4	46,6	46,3
32	83,2	20,8	29,1	37,9	43,3	45,7	44,1	32,2	24,8	49,7	49,4
33	82,0	27,7	35,9	42,6	46,5	45,6	42,9	29,1	24,8	50,9	50,7
34	82,7	25,9	36,1	41,6	44,9	46,3	43,8	30,3	21,1	50,7	50,4

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)): 46,3 - 61,5

ANÁLISE - AURICULAR DE CABEÇA DOBRÁVEL



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – Zona I

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	91,8	23,1	37,4	39,2	38,6	41,4	49,8	46,7	46	53,4	53,1
2	89,1	22,6	27,2	35,7	36	42,7	48,6	40,7	36	50,6	50,3
3	91,2	28,9	38,9	47	44	42,8	51,1	43,5	36,8	54,1	53,8
4	85,6	29,1	39,9	45,7	40,3	38,2	45,3	36	25,8	50,1	49,9
5	85,0	25,5	32,7	40,1	35,8	35,8	45	38,6	32,1	47,8	47,5
6	88,4	24,1	34,4	44,9	41,8	39,8	47,7	42,2	33,3	51,3	51,1
7	81,9	17,4	25,8	33,1	31	33	41,6	35,6	30,2	44,0	43,7
8	89,0	26,5	38,7	48,3	42,5	42,2	48,5	39,9	32,8	52,8	52,6
9	82,1	23,9	29,2	36,8	35,1	33,7	41,3	35,5	29,9	44,7	44,4
10	86,5	25,4	31,9	40,8	37,8	39	46,1	38,8	32,8	48,9	48,6
12	81,7	19	27	37	33,5	32,2	40,7	36,1	30,8	44,2	44,0
13	92,4	22,2	32,9	46,4	46,7	45,3	51,6	44,4	36	54,8	54,5
14	90,5	19,5	35,9	46,1	43	42,2	50	43,8	36,3	53,2	52,9
15	93,7	26	31	41,8	40,3	41,7	53,5	48,9	43,8	55,7	55,4
16	90,3	22,5	29,9	41,1	38,6	35,8	49,5	45,8	42	52,3	52,0
17	87,8	20,2	28,1	40,2	38,9	39,8	48,3	39	32,3	50,2	50,0
18	89,4	24,3	32	43,1	41,1	40,7	49,9	41,6	33,1	52,1	51,8
19	81,0	18,8	24,7	34,1	32,5	31,8	39,7	35,5	31,9	43,2	42,9
20	91,8	31,2	40,2	51,8	48	44,3	51	42,4	35,4	56,0	55,7
21	81,9	15,9	22	32,1	32,8	30	41,7	36,1	33,5	44,1	43,8
22	90,9	21,7	32,2	46,5	43,6	40,3	50,1	45,4	39,9	53,6	53,3
23	82,0	21,4	30,3	36,7	33,5	31,8	42,4	35,2	29,4	44,9	44,7
25	89,6	17,4	31,6	44,9	41,2	41,1	49,9	41,7	36,5	52,4	52,2
26	86,5	21,5	28,1	37,1	36,2	37,4	47	39,3	32,5	48,8	48,5
28	82,0	20,3	26,5	34,8	39	36,1	39,9	31,1	22,9	44,3	44,0
29	87,4	34,6	40,9	49,8	44	40,1	46,4	36,4	27,8	52,9	52,6
30	85,6	21,3	30,3	40,2	36,1	35,2	46,6	37,9	32,9	48,6	48,3
31	90,0	21,2	32,2	43,6	41,8	40,5	49,5	44	38,1	52,3	52,1
32	88,2	21,1	25,4	35,1	34,1	34,8	48,7	43,1	36,6	50,4	50,1
33	89,2	21,6	28,9	40,8	35,7	39,7	49,6	42,7	37,3	51,5	51,2

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)):

42,9 - 55,7

ANÁLISE - AURICULAR DE CABEÇA DOBRÁVEL



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – **Zona II**

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	87,4	19,4	26,4	38,6	37,4	38,4	47,3	40,9	35,2	49,5	49,2
2	81,8	23	29,1	26,7	33	36,8	40,2	31,4	22,9	43,1	42,8
3	82,8	20,7	28,1	34,8	33,7	34,4	43	35,1	29,9	45,2	44,9
5	84,3	22,3	32,6	42,1	38,7	38	44	32,1	19,9	47,7	47,4
6	86,5	25,3	33,5	46,7	43,3	39,4	45,4	36,5	26,7	50,8	50,5
7	87,2	22,4	29,4	39,1	38,2	37,9	46,7	41,1	36,5	49,3	49,1
8	81,7	22	28,6	38,3	35,1	34,4	41,6	32,5	24,3	44,8	44,5
10	80,3	20,7	28,7	34,3	30	31,2	41,3	31,7	25,5	43,3	43,0
11	85,4	17,6	26,5	36,6	35,3	36,2	45	39,5	34,4	47,5	47,2
12	81,3	22,2	28,2	37,7	35,8	34,3	41,1	31,1	24,1	44,4	44,1
13	91,5	23,9	28,8	46,1	45,9	46,2	49,6	40,5	31,8	53,5	53,3
14	86,5	19,1	31,8	43,4	39,6	38,1	46,3	38,7	34,3	49,6	49,3
15	82,7	24	29,2	41,6	35	32,2	40,9	36,9	35,9	46,2	45,9
16	83,8	21,4	28,5	36,3	33,2	32,1	42,5	38,1	37,7	45,9	45,6
17	86,3	29,8	31,2	38,6	38,6	38,4	46,2	38,1	34,7	48,7	48,5
18	82,3	24,9	30,6	38,2	35,3	34,9	42,4	33,2	22,6	45,3	45,1
20	85,8	26,8	33	41,4	38,2	36,7	46	38,6	30,2	48,8	48,5
21	82,5	20,5	34,6	40,9	37,1	35,8	41,5	33,7	24,4	46,1	45,8
24	87,4	20,3	26,7	40,2	38,9	37,2	46,7	42	37,7	49,7	49,4
27	80,8	16,5	25	36,6	33,3	32,7	40,4	33,3	29	43,6	43,3
31	80,0	23	23,9	31,9	30,4	31,1	29,8	36,7	30,8	40,5	40,2
32	83,2	20,9	24,6	33,3	31,9	33,3	43,3	37,4	30,2	45,3	45,1
33	82,0	27,8	31,4	38	35,1	33,2	42,1	34,3	30,2	45,3	45,0
34	82,7	26	31,6	37	33,5	33,9	43	35,5	26,5	45,5	45,2

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)):

40,2 - 53,3

ANÁLISE - AURICULAR DE CABEÇA PELTOR X3



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – Zona I

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	91,8	12,9	32,9	32,2	44,4	38,3	46,5	43,9	40,1	50,7	50,4
2	89,1	12,4	22,7	28,7	41,8	39,6	45,3	37,9	30,1	48,2	47,9
3	91,2	18,7	34,4	40	49,8	39,7	47,8	40,7	30,9	52,8	52,5
4	85,6	18,9	35,4	38,7	46,1	35,1	42	33,2	19,9	48,6	48,4
5	85,0	15,3	28,2	33,1	41,6	32,7	41,7	35,8	26,2	45,8	45,5
6	88,4	13,9	29,9	37,9	47,6	36,7	44,4	39,4	27,4	50,3	50,0
7	81,9	7,2	21,3	26,1	36,8	29,9	38,3	32,8	24,3	41,8	41,6
8	89,0	16,3	34,2	41,3	48,3	39,1	45,2	37,1	26,9	51,2	50,9
9	82,1	13,7	24,7	29,8	40,9	30,6	38	32,7	24	43,6	43,4
10	86,5	15,2	27,4	33,8	43,6	35,9	42,8	36	26,9	47,3	47,0
12	81,7	8,8	22,5	30	39,3	29,1	37,4	33,3	24,9	42,7	42,4
13	92,4	12	28,4	39,4	52,5	42,2	48,3	41,6	30,1	54,6	54,3
14	90,5	9,3	31,4	39,1	48,8	39,1	46,7	41	30,4	51,9	51,6
15	93,7	15,8	26,5	34,8	46,1	38,6	50,2	46,1	37,9	53,1	52,8
16	90,3	12,3	25,4	34,1	44,4	32,7	46,2	43	36,1	49,9	49,6
17	87,8	10	23,6	33,2	44,7	36,7	45	36,2	26,4	48,6	48,3
18	89,4	14,1	27,5	36,1	46,9	37,6	46,6	38,8	27,2	50,5	50,3
19	81,0	8,6	20,2	27,1	38,3	28,7	36,4	32,7	26	41,7	41,4
20	91,8	21	35,7	44,8	53,8	41,2	47,7	39,6	29,5	55,5	55,2
21	81,9	5,7	17,5	25,1	38,6	26,9	38,4	33,3	27,6	42,5	42,2
22	90,9	11,5	27,7	39,5	49,4	37,2	46,8	42,6	34	52,3	52,0
23	82,0	11,2	25,8	29,7	39,3	28,7	39,1	32,4	23,5	43,2	42,9
25	89,6	7,2	27,1	37,9	47	38	46,6	38,9	30,6	50,7	50,4
26	86,5	11,3	23,6	30,1	42	34,3	43,7	36,5	26,6	46,8	46,5
28	82,0	10,1	22	27,8	44,8	33	36,6	28,3	17	45,8	45,5
29	87,4	24,4	36,4	42,8	49,8	37	43,1	33,6	21,9	51,7	51,4
30	85,6	11,1	25,8	33,2	41,9	32,1	43,3	35,1	27	46,5	46,2
31	90,0	11	27,7	36,6	47,6	37,4	46,2	41,2	32,2	51,0	50,7
32	88,2	10,9	20,9	28,1	39,9	31,7	45,4	40,3	30,7	47,7	47,4
33	89,2	11,4	24,4	33,8	41,5	36,6	46,3	39,9	31,4	48,8	48,5

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)):

41,1 - 55,2

ANÁLISE - AURICULAR DE CABEÇA PELTOR X3



Valores de Exposição diária: $L_{EX, 8h}$ e $L_{EX, 8h, efect}$ – **Zona II**

Amostra	$L_{EX, 8h}$ (dB(A))	Níveis globais dB(A) por banda de oitava								$L_{Aeq, tk, efect}$ (dB(A))	$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A))
		L63	L125	L250	L500	L1000	L2000	L4000	L8000		
1	87,4	9,2	21,9	31,6	43,2	35,3	44	38,1	29,3	47,7	47,4
2	81,8	12,8	24,6	19,7	38,8	33,7	36,9	28,6	17	42,0	41,8
3	82,8	10,5	23,6	27,8	39,5	31,3	39,7	32,3	24	43,5	43,2
5	84,3	12,1	28,1	35,1	44,5	34,9	40,7	29,3	14	46,8	46,5
6	86,5	15,1	29	39,7	49,1	36,3	42,1	33,7	20,8	50,6	50,3
7	87,2	12,2	24,9	32,1	44	34,8	43,4	38,3	30,6	47,8	47,5
8	81,7	11,8	24,1	31,3	40,9	31,3	38,3	29,7	18,4	43,6	43,3
10	80,3	10,5	24,2	27,3	35,8	28,1	38	28,9	19,6	40,9	40,7
11	85,4	7,4	22	29,6	41,1	33,1	41,7	36,7	28,5	45,6	45,3
12	81,3	12	23,7	30,7	41,6	31,2	37,8	28,3	18,2	43,8	43,5
13	91,5	13,7	24,3	39,1	51,7	43,1	46,3	37,7	25,9	53,5	53,3
14	86,5	8,9	27,3	36,4	45,4	35	43	35,9	28,4	48,3	48,0
15	82,7	13,8	24,7	34,6	40,8	29,1	37,6	34,1	30	44,0	43,8
16	83,8	11,2	24	29,3	39	29	39,2	35,3	31,8	43,6	43,4
17	86,3	19,6	26,7	31,6	44,4	35,3	42,9	35,3	28,8	47,5	47,2
18	82,3	14,7	26,1	31,2	41,1	31,8	39,1	30,4	16,7	44,1	43,8
20	85,8	16,6	28,5	34,4	44	33,6	42,7	35,8	24,3	47,3	47,0
21	82,5	10,3	30,1	33,9	42,9	32,7	38,2	30,9	18,5	45,2	44,9
24	87,4	10,1	22,2	33,2	44,7	34,1	43,4	39,2	31,8	48,2	47,9
27	80,8	6,3	20,5	29,6	39,1	29,6	37,1	30,5	23,1	42,2	41,9
31	80,0	12,8	19,4	24,9	36,2	28	26,5	33,9	24,9	39,3	39,0
32	83,2	10,7	20,1	26,3	37,7	30,2	40	34,6	24,3	43,1	42,9
33	82,0	17,6	26,9	31	40,9	30,1	38,8	31,5	24,3	43,9	43,6
34	82,7	15,8	27,1	30	39,3	30,8	39,7	32,7	20,6	43,5	43,3

$L_{EX, 8h, efect}$ (dB(A)):

39 - 53,3